



Risøs indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer. Status ultimo december 1988

Christensen, Peter Skjerk; Petersen, S.

Publication date:
1989

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Christensen, P. S., & Petersen, S. (Eds.) (1989). *Risøs indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer. Status ultimo december 1988*. Risø National Laboratory. Risø-M No. 2767

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

RISØ-M-2767

RISØS INDSATS I FORBINDELSE MED ENERGIMINISTERIETS
FORSKNINGSPROGRAMMER

Status ultimo december 1988

Redigeret af P. Skjerk Christensen og Stine Petersen

Abstract. Risø har siden 1978 haft ansvaret for mange projekter under de energiministerielle forskningsprogrammer. I denne rapport, der vedrører aktiviteten i 1988, gives en status for i-gangværende og en omtale af afsluttede projekter, dels ved en almen beskrivelse af arbejdet og dels med en summarisk omtale af de opnåede resultater. En nøjere gennemgang af nogle af projekterne kan findes i referencelisten. Sluttelig omtales Risøs bidrag til organisation og administration af energiforskningsprogrammerne.

April 1989.

Forskningscenter Risø, 4000 Roskilde.

ISBN 87-550-1496-8

ISSN 0418-6435

Grafisk Service Center, Risø 1989

INDHOLDSFORTEGNELSE	Side
INDLEDNING	1
Status for Risøs EFP-aktiviteter	1
1. KULBRINTER	9
1.1. Karakteriseringslaboratorium	9
1.2. Karakterisering af kerogen til bestemmelse af aktiviteringsdata for kulbrintefrigørelse ved bassinmodellering, fase 1	10
1.3. Bestemmelse af aktiviteringsdata for kulbrinte frigørelse fra kerogen	11
1.4. Geokemiske kriterier for reservoirkvalitets- variationer i Nordsøkalk	11
1.5. Temperatur-tidsvariationer i Nordsø Central- grav sedimenter belyst via fissionsspørstudier af udvalgte borekerner	12
1.6. Flerfasestrømning i opsprækkede kalk- reservoirs	14
1.7. Datamatunderstøttet bestemmelse af relativ permeabilitet ved dynamiske fortrængningsforsøg	15
1.8. Udvikling af matematisk model til simulering af sprækkefelter	16
1.9. Forenklet kompositionel reservoirsimulering	16
1.10. Bassinmodellering	17
1.11. Stor-skala laboratorieforsøg vedrørende 2-fase olie-gas flow i rørledninger (87-projekt)	17
1.12. Stor-skala laboratorieforsøg vedrørende 2-fase olie-gas flow i rørledninger (87-projekt)	18
3. EL OG VARME	20
3.1. Grundlæggende forbrænding	20
3.2. Eksperimentelle undersøgelser af kulstøvs- brænder	20
3.3. Afprøvning og verifikation af laserbaserede målemetoder	23
3.4. Udvikling af EDB-model for stationær tre- dimensional turbulent gaspartikel strømning	25

	Side
3.5. Miljømæssige aspekter: EDB-model vedrørende miljøeffekter ved energiproduktion	27
3.6. Anvendelse af jordkemimodel på skovjord	29
3.7. Karakterisering af polycyclisk organisk materiale (POM) i røggasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg	30
4. VINDKRAFT m.v.	31
4.1. Forskning og udvikling på Prøvestationen for vindmøller	31
4.1.1. Rotor-aerodynamik	33
4.1.2. Lastgrundlag og dimensionering	34
4.1.3. Design af to-bladet mølle	35
4.2. Design Basis for vindmøller	36
4.3. Gust estimering	37
4.4. Vindprofil over kystnære områder	37
4.5. Driftspålidelighed for mindre vindmøller/økonomiske konsekvenser	39
6. ENERGIANVENDELSE I INDUSTRIELLE PROCESSER	42
6.1. Indpasning af større absorptionskølemaskiner i det danske energisystem	42
6.2. Udvikling af iltmålesonde med forbedrede højtemperaturregenskaber	46
6.3. Vådoxidation af lavmolekylære fede syrer.	53
8. ENERGILAGRING	55
8.1. Udvikling af keramiske superledere	55
8.2. Udvikling af materialer til brændselsceller med iltionledende faststofelektrolytter	57
8.3. Tyndfilmelektroder	59

	Side
8.4. Tynde faststofelektrolytter på reaktive anoder	60
8.5. Lithiumakkumulator	61
8.6. Hydridbatteri	63
8.7. Lagring af industriel hydrogen	63
8.8. Varmelagring i grundvandsreservoir	64
8.9. Elektromagnetisk svinghjulslager	66
9. INTERNATIONALT SAMARBEJDE	67
9.1. Fusion	67
9.2. Forskning i luftbåren forurening	69
10. UDREDNINGER OG DOKUMENTATION m.v.	70
10.1. Vindmølleøkonomi	70
10.2. Udvikling og implementering af teknisk/ økonomiske modeller på offshore-området . . .	71
10.3. Simuleringsmodel for kollektive kombinerede energisystemer	72
10.4. EDB-registrering af dansk litteratur og forskning	73
10.5. Præsentation af EFP-projektresultater på olie/gas området for olieselskaber og offshore virksomheder	74
RESSOURCER	76
RISØS REPRÆSENTATION I EFP-FORSKNINGSUDVALG	80
REFERENCELISTE	81

INDLEDNING

Udbygningen af dansk energiforskning er siden 1976 sket gennem 2 handelsministerielle og 12 energiministerielle programmer, hvortil der er bevilget 1.2 mia kr. Forskningscenter Risø har som projektledende institution fået ansvaret for ca. 18% af disse midler.

Risøs engagement i energiforskningsprogrammerne spænder over et bredt felt, og i denne rapport gives en beskrivelse af aktiviteterne i fortsættelse af tidligere beskrivelser (se referenceliste bag i hæftet).

Risø har løbende bidraget til den organisation, der planlægger, styrer og vurderer programmerne. Dette engagement omtales også kort.

Overvejelser vedrørende Risøs faglige og organisatoriske baggrund for at påtage sig forskningsprojekter i forbindelse med de energiministerielle forskningsprogrammer samt Risøs mulige indsatsområder i de kommende programmer er ikke behandlet i denne faglige statusrapport. Disse overvejelser finder løbende sted i forbindelse med Risøs programlægning.

STATUS FOR RISØS EFP-AKTIVITETER

I det følgende gives først en række beskrivelser af de projekter, der gennemføres på Risø som dele af de energiministerielle programmer. Dernæst bringes en række oplysninger om de ressourcer, der er tildelt aktiviteterne fra energiforskningsprogrammerne. For overskuelighedens skyld er aktiviteterne grupperet, opstillet og nummereret i den rækkefølge, der benyttes i Energiforskningsprogram 88 fra Energiministeriet.

Mange projekter har været omtalt i de tidligere statusrapporter og er derfor kun omtalt summarisk i denne rapport, mens nyere projekter har fået en mere detaljeret omtale. Endelig er

enkelte afsluttede projekter blevet udførligt beskrevet med resumé af de væsentligste resultater. For flere projekters vedkommende kan yderligere information hentes i referencelisten.

Det vil fremgå af beskrivelsen af projekterne og af referencelisten, at selv om hovedvægten af indsatsen er lagt på energiudvinding, -konvertering, -lagring og -anvendelse, så er miljømæssige forhold et centralt emne for en række af forskningsprojekterne især for områderne forbrændingsprocesser, spredning af forbrændingsprodukter og kemiske forhold i jordbunden.

I en rapport som denne, som berører et stort spektrum af fagdiscipliner, bruges en mængde fagudtryk og forkortelser, der er specifikke for den pågældende disciplin. Anvendelsen anses for nødvendig for at give en nøjagtig beskrivelse af emnet. I nogle tilfælde er disse udtryk og forkortelser forklaret, men teksten ville blive for tung, hvis der i alle tilfælde skulle indføjes en forklaring.

Det skal sluttelig bemærkes, at de beskrevne aktiviteter kun vedrører energiforskningsprogrammerne til og med EFP-88.

FORSKNINGSPROGRAM NR. 1: KULBRINTER

1.1. Karakteriseringslaboratorium (EM.j.nr. 1313/86-8)

Gennem bevillinger fra EFP-85 og EFP-86 har Kemiafdelingen i løbet af de seneste 3 1/2 år opbygget et laboratorium til eksperimentel karakterisering af råolie og oliefraktioner. De udførte karakteriseringsanalyser anvendes i forbindelse med en mere generel analyse af oliers/gassers fysiske og termodynamiske egenskaber (PVT-analyse) ved forsøg på simulering af råoliers egenskaber (modelkarakterisering) under anvendelse af en matematisk model (tilstandsligning). Sideløbende med opbygningen af dette laboratorium ved Kemiafdelingen er der også via EFP bevilget midler til etableringen af et PVT laboratorium ved Institut for Kemiteknik, DTH, til bestemmelse af oliers PVT-egenskaber (P: tryk, V: volumen, T: temperatur), og tanken er, at de to laboratorier i fællesskab skal udgøre et egentligt kulbrinte (olie/gas-) laboratorium.

Den eksperimentelle karakterisering består af en række forskellige analyser, som tilsammen har det formål at give en detaljeret beskrivelse af oliens fysiske egenskaber og kemiske sammensætning bestemt gennem fordelingen af de tre stofklasser, paraffiner, naphthener og aromater. Resultaterne af karakteriseringsanalysen og PVT-analysen bruges ved modelkarakterisering til simulering af oliens egenskaber bl.a. i forbindelse med reservoirsimulering.

Projektets hovedpunkter i 1988 har omfattet:

- Videreudvikling og integrering af analyseprogrammet vedrørende bestemmelse af kogepunktsfordeling (true-boiling-point-analyse), massefylde- og molekylvægtsfordeling.
- Videreudvikling af gaskromatografisk analyse af kemisk sammensætning (paraffin/naphthen/aromat-analyse).

- Udbygning af samarbejdet med PVT-laboratoriet og Laboratoriet for Energiteknik, begge DTH, og etablering af en dansk PVT-gruppe.
- Udbygning af kontakter til olieselskaber, hovedsageligt i DAN-PRISE regi.

Vedrørende de to sidste punkter, så har samarbejdet mellem de tre laboratorier ført til etableringen af en dansk PVT-gruppe, som fagligt dækker både karakterisering og PVT-analyse. Gruppen har ansøgt EFP-89 om et projekt vedrørende måling og beregning af PVT-egenskaber for olie og gasser fra danske felter. Projektet støttes af Mærsk Olie & Gas. Ligeledes er der indledt et uforpligten-
de samarbejde med det italienske olieselskab AGIP vedrørende analyse af fem tunge olier.

Projektet afsluttes i 1989.

1.2. Karakterisering af kerogen til bestemmelse af aktiverings-
data for kulbrintefrigørelse ved bassinmodellering, fase 1.
(EM j.nr. 1313/87-2)

Dette projekt blev i det store hele afsluttet i 1987 (jf. tidligere rapportering), men mindre apparaturmæssige justeringer er i begyndelsen af 1988 blevet foretaget for de resterende midler (ca. 20 kkr). Hermed er udstyret til bestemmelse af aktiveringsdata (dvs. aktiveringsenergier og Arrhenius faktorer) fuldt funktionsdygtigt.

Foråret 1988 blev endvidere anvendt til en videreudvikling af de kinetiske modeller, herunder soft-ware udvikling, der ligger til grund for de faststof kinetiske studier, der skal resultere i bestemmelsen af ovennævnte aktiveringsdata.

1.3. Bestemmelse af aktiveringssdata for kulbrintefrigørelse
fra kerogen. (EM j.nr. 1313/88-1)

Dette projekt blev formelt startet op primo juli 1988. Arbejdet har været koncentreret om en videreudvikling af den kinetiske model, der skal ligge til grund for den endelige bestemmelse af aktiveringsenergier og Arrheniusfaktorer for kulbrintefrigørelsen fra kerogen. Den anvendte teknik er baseret på pyrolyse - gaschromatografi. Det hertil nødvendige udstyr blev indkøbt, opbygget og indkørt under fase 1, der henhører under EFP-87 programmet (1313/87-2).

Den oprindelige simple kinetiske model, der beskriver fastfase reaktioner som n 'te ordens reaktion (beskrevet i L. Carlsen, A. Feldthus og P. Bo, J. Anal. Appl. Pyrol., in press) viste sig ikke at være tilstrækkelig. Kun i tilfælde, hvor den faste forbindelse i et forløb blev omdannet til gasformige produkter, var denne simple model anvendelig. Den udvidede model tager hensyn til dannelse af gasformige såvel som faste produkter ved pyrolyse af det oprindelige materiale, samt til at det pyrolytisk dannede faste produkt ved en efterfølgende reaktion kan føre til gasformige produkter. Der arbejdes i alle tilfælde med n 'te ordens reaktioner, hvor n ikke nødvendigvis er heltallig. Ligeledes er " n " ikke nødvendigvis identisk for de forskellige reaktioner.

Indledende studier, dels med polystyren, dels med kul, har vist denne models generelle anvendelighed. Igangværende arbejde omhandler den endelige udformning af det nødvendige software, hvorefter et parameterstudie vil blive påbegyndt. Dette arbejde forventes at være tilendebragt medio 1989, hvorefter aktuelle kerogenprøver skulle kunne undersøges.

1.4. Geokemiske kriterier for reservoirkvalitets-variationer
i Nordsøkalk. (EM j.nr. 1313/85-5)

Det 3-årige projekt, som påbegyndtes i midten af 1986, går i grove træk ud på at sammenligne sporstofelementfordeling i borekerner fra Tyra strukturen med geofysiske resultater (borehuls-

logging). Sammenligningen skal føre til opstilling af geokemiske kriterier til bestemmelse af reservoirkvalitetsvariationer i Tyra feltet, hvilket måske også kan føre til generelle udsagn m.h.t. reservoirkvalitet. Projektarbejdet har været rapporteret i tidligere årsrapporter (Risø-M-2628 og Risø-M-2701).

I 1988 gennemførtes en multivariat statistisk sammenligning af geofysiske og geokemiske data for begge borehullet (TWB-8, E-1x). Arbejdet med slutrapporteringen er blevet påbegyndt i slutningen af 1988 og fortsættes i første halvdel af 1989, hvor den endelige rapport foreligger. Fig. 1.4.1 viser et eksempel på resultatet af en sådan analyse.

1.5. Temperatur-tidsvariationer i Nordsø Centralgrav sedimenter
belyst via fissionsspørstudier af udvalgte borekerner.
(EM j.nr. 1313/88-1)

Formål med EFP-88 projektet er at kortlægge temperatur som funktion af tiden i danske sedimentsbassiner. Disse parametre har stor betydning for dannelse af kulbrinter og deres afsætning i reservoirer. Projektet er et samarbejde mellem Risøs Kemiafdeling og Energiteknikafdeling, Institut for Petrologi, Københavns Universitet, samt Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU), der stiller prøvemateriale til rådighed. Da tidligere undersøgelser (af materialer fra Grønland) blev gennemført på Københavns Universitet, anvendes og udbygges fissionsspor-laboratoriet samme sted.

Projektets resultater skal indgå i det generelle arbejde med bassinmodellering, som udføres af en række danske forskningsinstitutioner. Projektarbejdet kan opdeles i to faser. I den første fase undersøges cuttings prøver fra det danske Centralgrav område, mens der i anden fase arbejdes med borekerner fra den danske del af det Dansk-Norske Bassin.

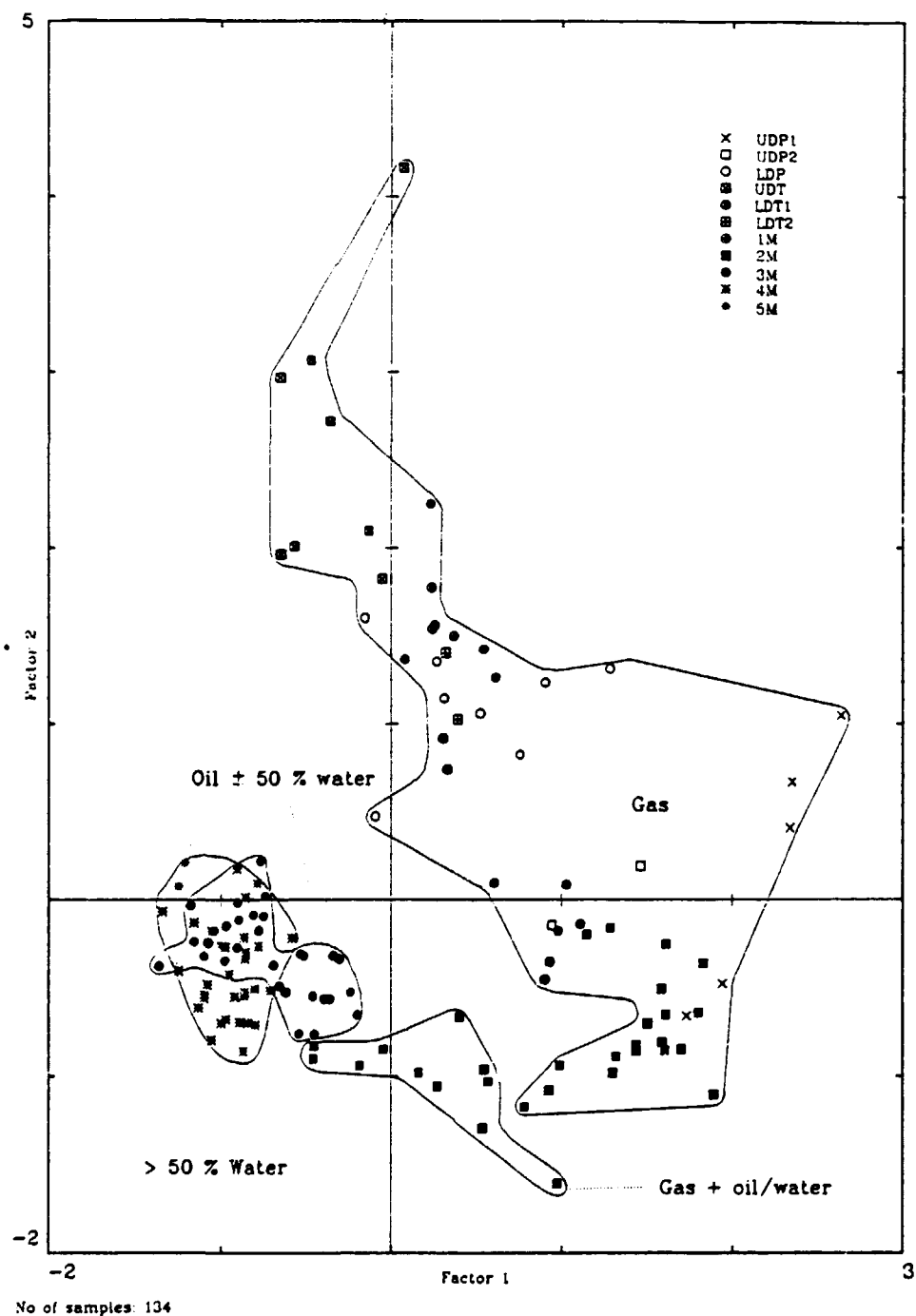


Fig. 1.4.1. Et eksempel på en statistisk analyse af data fra en enkelt boring i et udpræget gasfelt. De bestemmende variable er dels geokemiske elementer som Al, Na, Mn, dels geofysiske størrelser som f.eks. porøsitet og massefylde. Det ses, at prøverne grupperer sig efter de geologiske forhold og udpeger derved bestemte reservoirkvalitetsområder i diagrammet.

Ved fissionsspor metoden (FT) udnyttes naturligt dannede spor i mineraler, her specifikt i mineralet apatit. FT giver dels en absolut geologisk alder, dels en sporlængdefordeling, som begge bruges til bestemmelse af sedimentets temperaturhistorie. Apatits spor-lukningsinterval på 70-125°C falder sammen med temperaturområdet for kulbrintedannelse.

Efter prøveudtagning, som regel på DGU, vaskes, tørres og knuses prøverne til kornstørrelser på mindre end 125 µm. Den følgende væske-tungmineral separation fører til en fraktion, som indeholder mineralet apatit. Denne indstøbes i Araldit, poleres og ætzes, således at sporene kan observeres og cpmåles i mikroskop. Derefter forberedes prøven for bestråling i Risøs forskningsreaktor DR 3 til bestemmelse af uranfordeling i apatit via tælling af spor i påmonteret glimmer.

I 1988 (6 måneder) er der i samarbejde med forskere fra DGU udvalgt cuttings prøver fra to borer (A-2, Q-1) til FT analyse. På grund af den lille prøvemængde blev separationsarbejdet mere besværligt, end det ellers ville have været tilfældet. Kun en af de første prøver indeholdt ikke apatit. Der kan antagelig bestemmes aldre på 50% af materialet.

FT-laboratoriet er i 1988 blevet udrustet med PC udstyr samt extra mikroskop. Laboratoriet har deltaget i den 6. internationale FT workshop i Besancon i Frankrig.

1.6. Flerfasestrømning i opsprækkede kalkreservoirirer (EM j.nr. 1313/86-70)

Projektet sigter mod en forståelse af fortrængningsprocesserne ved indvindingen af olie og gas fra opsprækkede reservoirirer. Projektet sigter specielt mod en beskrivelse af den kobling mellem sprækkesystem og matrix, som er egnet til brug for reservoirsimulering i feltskala, hvor hensynet til regnetiden nødvendiggør en grov netinddeling.

En række modelforsøg baseret på simulering af forholdene i reservoiret ved hjælp af sand eller glaskugler i en simpel geometri, repræsenterende en enkelt sprække og matrixblok, er udført på DTH. Disse forsøg er derefter beregnet under brug af en fin netinddeling med eksisterende simulatorer, hvilket i denne skala kan gennemføres med et behersket brug af regnetid. Resultaterne viser, at processerne beskrives i det væsentlige korrekt, og at en detaljeret beregning kan bruges til en afprøvning af de modeller, der udvikles til beregning i feltskala.

En række forsøg med kunstigt opsprækkede kalkkerner, der skal udføres på DGU, er under forberedelse og afsluttes i 1989.

Arbejdet udføres i et samarbejde mellem DGU, Laboratoriet for Energiteknik (DTH) og Risø

1.7. Datamatunderstøttet bestemmelse af relativ permeabilitet ved dynamiske fortrængningsforsøg. (EM j.nr. 1313/87-3)

Projektet sigter mod en forbedring af eksisterende metoder til måling af relative permeabiliteter.

Relative permeabiliteter måles i laboratoriet på kernemateriale ved stationære målinger, der er meget tidskrævende, eller ved transiente målinger, der er meget hurtigere, men stiller større krav til fortolkningen. Den sidste tænkes her gennemført med støtte af fortrængningsmodeller implementeret på den datamat, der i øvrigt anvendes til opsamlingen af måledata.

En række modeller er formuleret, og regressionsrutiner til bestemmelse af de ønskede relative permeabiliteter ved sammenligning med måledata er udviklet. Metoden er nu under implementering på DGU.

Arbejdet udføres i samarbejde mellem Risø, Laboratoriet for Energiteknik (DTH) og DGU.

1.8. Udvikling af matematisk model til simulering af sprække-
felter. (EM j.nr. 1313/87-8)

Projektet sigter mod en udvikling af modeller til beregning af fortrængningsprocesserne ved indvinding af olie eller gas fra opsprækkede reservoirer. Modellerne skal være egnede for simulering i feltskala, hvor hensynet til regnetiden kræver en grov netinddeling.

En model for udvekslingen af de forskellige faser mellem sprækker og matrixblokke, baseret på diffusionsligningen, er indført i den udviklede reservoirsimulator, COSI. Resultater vil blive præsenteret ved en SPE-konference i Houston i februar 1989. Samtidigt deltages i beregninger for en række bench-mark problemer vedrørende opsprækkede reservoirer.

Projektet, der er afsluttet med udgangen af 1988, er udført i samarbejde mellem Dancomp A/S og Risø.

1.9. Forenklet kompositionel reservoirsimulering
(EM j.nr. 1313/88-9)

Projektet sigter mod udviklingen af en metode til at reducere regnetiden for kompositionel reservoirsimulering.

For en simulering af nogle indvindingsforløb, herunder indvinding ved en række indvindingsforbedrende metoder, er en kompositionel beskrivelse nødvendig for på rimelig måde at simulere forløbet. Da regnetiden for simuleringen vokser hurtigt med antallet af komponenter, der anvendes ved simuleringen, er det vigtigt at kunne afgøre, hvor mange komponenter (pseudo-komponenter), der er nødvendige for løsningen af det konkrete reservoirproblem.

Efter litteraturstudier er der opstillet specifikationer for et flash-modul samt påbegyndt en modifikation af et eksisterende modul. En overordnet procedure for fremgangsmåden ved

fastlæggelse af det mindste antal pseudokomponenter er opstillet, ligesom to eksempler til afprøvning af metoden er valgt.

Projektet, der er startet i et samarbejde mellem Risø og Dan-comp A/S, ventes afsluttet i et samarbejde med COWIconsult.

1.10. Bassinmodellering. (EM j.nr. 1313/86-1)

Projektet sigter mod opbygning og afprøvning af modeller til beskrivelse af udviklingen af sedimentære bassiner, herunder kulbrinters dannelse, migration og akkumulation. Det er formålet hermed at effektivisere efterforskningen.

Arbejdet har i 1988 især været koncentreret om en afprøvning af de erhvervede 1-, 2- og 3-dimensionale modeller, der er udviklet af Arif M Yüklér. Arbejdet har været udført i forbindelse med en modellering af en del af Centralgraven.

Arbejdet har også omfattet udvikling af en del hjælpeprogrammer og givet grundlag for forslag til en række forbedringer.

Arbejdet i dette projekt er afsluttet med udgangen af 1988. Arbejdet har været udført i samarbejde mellem DGU, Risø og Laboratoriet for Energiteknik (DTH). Arbejde i tilknytning til projektet har desuden været udført af DOPAS, Københavns Universitet, Aarhus Universitet og Grønlands Geologiske Undersøgelse.

1.11. Stor-skala laboratorieforsøg vedrørende 2-fase olie-gas flow i rørledninger (EM j.nr. 1313/87-1)

Et kombineret teoretisk og eksperimentelt studie af skillefladefriktionen i to-fase lagdelt strømning er blevet udført som et fælles projekt af Forskningscenter Risø, LICconsult og Institut for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA), DTH.

Eksperimenterne er udført i en forsøgsfacilitet placeret hos ISVA. Forsøgsopstillingen er ca. 50 m lang med en forsøgsstrækning på 36 m og en diameter på 90 mm. Forsøgssektionen er gennemsigtig på visse strækninger, således at strømningsmønstret kan iagttages. Se fig. 1.12.1.

Risø har instrumenteret forsøgsopstillingen og forsynet den med et computerstyret dataopsamlingsystem. Alle måleresultater blev opsamlet på disketter for senere bearbejdning på computer.

Eksperimenterne er udført med vand/luft blandinger i vandrette og næsten vandrette rør. Hældningen har været mellem 0.5° opad og 1.0° nedad.

Den ækvivalente skillefladeruhed er blevet beregnet ud fra måling af væske- og gashastigheder, trykgradient og væskehøjden i røret. Skillefladeruheden varierer mellem 0 og 90 mm. Endvidere er det vist, at tryktab og liquid holdup ikke er følsom over for variationer i skillefladeruheden.

Det eksperimentelle program blev afsluttet ved årsskiftet 1987/88. Databehandling og rapportering blev udført i vinteren 1988.

Projektet er afsluttet og beskrevet i rapporten Risø-M-2690 februar 1988.

1.12. Stor-skala laboratorieforsøg vedrørende 2 fase olie-gas flow i rørledninger. (EM j.nr. 1313/88-13)

Et kombineret teoretisk og eksperimentelt studie af omslaget mellem strømningsmønstrene lagdelt strømning og "slug" flow er blevet igangsat som et fælles projekt af Forskningscenter Risø, LICconsult og Institut for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA).

Eksperimenterne bliver udført i samme forsøgsfacilitet (fig. 1.12.1) som omtalt ovenfor under 1.11.

Specielt til dette projekt er der konstrueret en elektrisk niveaumåler, som på objektiv måde skulle kunne bestemme bølgemønstret i strømmingen. Dette målesystem er blevet indbygget i forsøgsopstillingen ved årsskriftet 1988/89, og det eksperimentelle program vil blive igangsat primo 1989.



Fig. 1.12.1. Forsøgsopstilling til studie af to-fase strømning i lange rør.

FORSKNINGSPROGRAM NR. 3: EL OG VARME

3.1. Grundlæggende forbrænding. (EM j.nr. 1323/85-4)

Projektets formål er at skabe veldefinerede betingelser for opvarmning og forbrænding af kul og kokspartikler, således at grundlæggende forbrændingsparametre kan fastlægges.

Det er desuden et delmål at anvende og afprøve lasersystemer på det opbyggede system. Der blev i 1986/87 bygget en elektrisk opvarmet gasgennemstrømningsovn med ovennævnte formål. Af lasermålinger fremgik det dog, at den første konstruktion ikke opfyldte de opstillede krav, og det har derfor været nødvendigt at ombygge ovnen på væsentlige punkter. Ovnens opfylder nu i langt større omfang de stillede krav, og egentlige reaktivitetsmålinger forventes foretaget i de første måneder af 1989. I forbindelse med ombygningen og indkøringen af ovnen har lasersystemet vist sig at være et særdeles anvendeligt instrument, ligesom ovnen, der repræsenterer et fysisk og således ikkeideelt flowsystem, har været god at afprøve lasersystemet på.

Der er i 1988 yderligere blevet konstrueret et gasblandesystem, der gør det muligt at styre gassammensætningen i ovnen. Gennem forsøget foregår der en omfattende dataopsamling. Til dette formål er der produceret en softwarepakke.

Risø deltager i en nordisk samarbejdsgruppe: "Nordisk Brændsels Reaktivitet", hvor erfaringer og problemer debatteres. Dette arbejde fortsættes i 1989.

3.2. Eksperimentelle undersøgelser af kulstøvsbrænder (EM j.nr. 1323/87-1)

En række bestræbelser er for øjeblikket undervejs for at nedsætte emissionen af forurenende stoffer fra forbrændingsanlæg,

blandt andet af NO_x emissionen fra kulstøvsforbrænding. Dette kan ske enten med specielt konstruerede brændere eller med røggasrensingsanlæg efter kedlen.

Design af low- NO_x kulstøvsbrændere er i dag hovedsagelig baseret på empiriske data. En god brænder kræver imidlertid en lang række delvis modstridende krav opfyldt: Stort reguleringsområde, lav NO_x -dannelse, høj udbrænding og god stabilitet af flammen. Et mere detaljeret kendskab til en kulstøvsbrænders virkemåde er derfor ønskeligt.

Med henblik herpå vil der i dette projekt blive udført lokale målinger af fluid-dynamisk og forbrændingsmæssige forhold tæt på munden af en brænder.



Fig. 3.2.1. Billede af forsøgsovn

Undersøgelserne falder hovedsagelig i tre faser. Opførelsen af et kulstøvsfyret forsøgsanlæg, udførelse af målinger på en kulstøvsbrænder og endelig sammenholdelse af måledata med EDB-beregninger.

Tilrettelæggelse af projektet og projektering skete i efteråret 1987, mens montage og begyndende indkøring er foretaget i løbet af 1988.

Forsøgskedlen er bygget af 11 cirkulære separat vandkølede kalorimetriske sektioner. Alle sektioner er udstyret med måleporte, så det er muligt at udføre punktvisse målinger i hele kedelrummet. Bl.a. er to måleporte udformet som gennemskæringer, dækkende den halve kedelomkreds, for at give adgang til måling med laserteknik.

Kedlen har en diameter på 1.2 m og en længde på 4.5 m. Anlægget er fra start udstyret med en 0.7 MW kulstøvsbrænder fra Vølund Energiteknik. Det er dog muligt at montere brændere med en indfyret effekt på op til 2 MW.

Kedlen er konventionelt instrumenteret til måling af driftsdata: Luft- og kulflow, kølevandsflow og -temperaturer, effekt-afgivelse og dennes fordeling på de 11 kedelsektioner, kedeltryk, overfladetemperaturer i kedlen og røggassens ilt- og kulilteindhold.

En datamat er installeret til løbende opsamling af disse driftsdata samt af mere avancerede målinger, der bl.a. omfatter lokale målinger i fyrrummet med vandkølede prober: Gastemperaturer, strålingsintensitet samt gas og partiklers kemiske sammensætning.

Endelig vil der blive udført forsøg med lasermålinger i kedlen. Det forventes, at disse målinger vil give oplysninger om partikelkoncentrationer, partikelstørrelser og gashastigheder.

3.3. Afprøvning og verifikation af laserbaserede målemetoder (EM j.nr. 1433/86-16)

I løbet af 1988 er der projekteret en 2 MW kulstøvsfyret forsøgs-ovn, hvor laserbaserede og konventionelle målemetoder kan afprøves på en større forsøgsopstilling. Forsøgsmålingerne vil danne baggrund for en sammenligning med en numerisk forbrændingsmodel. Gas- og partikelhastigheder, partikelstørrelser og -koncentrationer ønskes målt såvel med lasermetoder som med andre metoder i det omfang, det lader sig gøre rent teknisk. Da der måles i et særdeles vanskeligt miljø med store temperaturgradienter (strålefluktuationer), høje partikelkoncentrationer og snavsede omgivelser, vil de forberedte laserbaserede målinger være på grænsen af, hvad der lader sig gøre.

Laser målemetoderne er baseret på detektion af det spredte lys fra en partikel, som belyses med laserlys. Lysspredningen afhænger af partiklens diameter (kugleformet) og de optiske egenskaber af materialet

$$n = n_R + i n_I$$

dvs. brydningsindekset n_R og materialets absorptionskonstant n_I , se figur 3.3.1. Ved lasermålingen i en kulstøvsflamme kendes "n" ikke, da materialet ikke er veldefineret, hvorfor målemetoden skal være uafhængig af brydningsindex.

I forbindelse med hastigheds- og størrelsesmåling af irregulære partikler (primært kulpartikler) på 2 MW forsøgsovnen er der bestilt et laserudstyr til levering i foråret 89. En nøjere teoretisk analyse af måleprincippet er afsluttet med hensyn til geometri (LDA-konfiguration) og lysspredningen fra en partikel (Mie-spredning). Lysspredningsanalyserne er foretaget med et program til beregning af Doppler signalets karakteristisk, dvs. intensitet og visibilitet af signalet. Analysen viser tydeligt, at back scatter måling af partikelstørrelsen er umulig - selv for kugleformede partikler. Forward scatter må anvendes, og måleudstyret skal kalibreres med hensyn til signalets amplitude og partikelstørrelsen, se fig. 3.3.2.

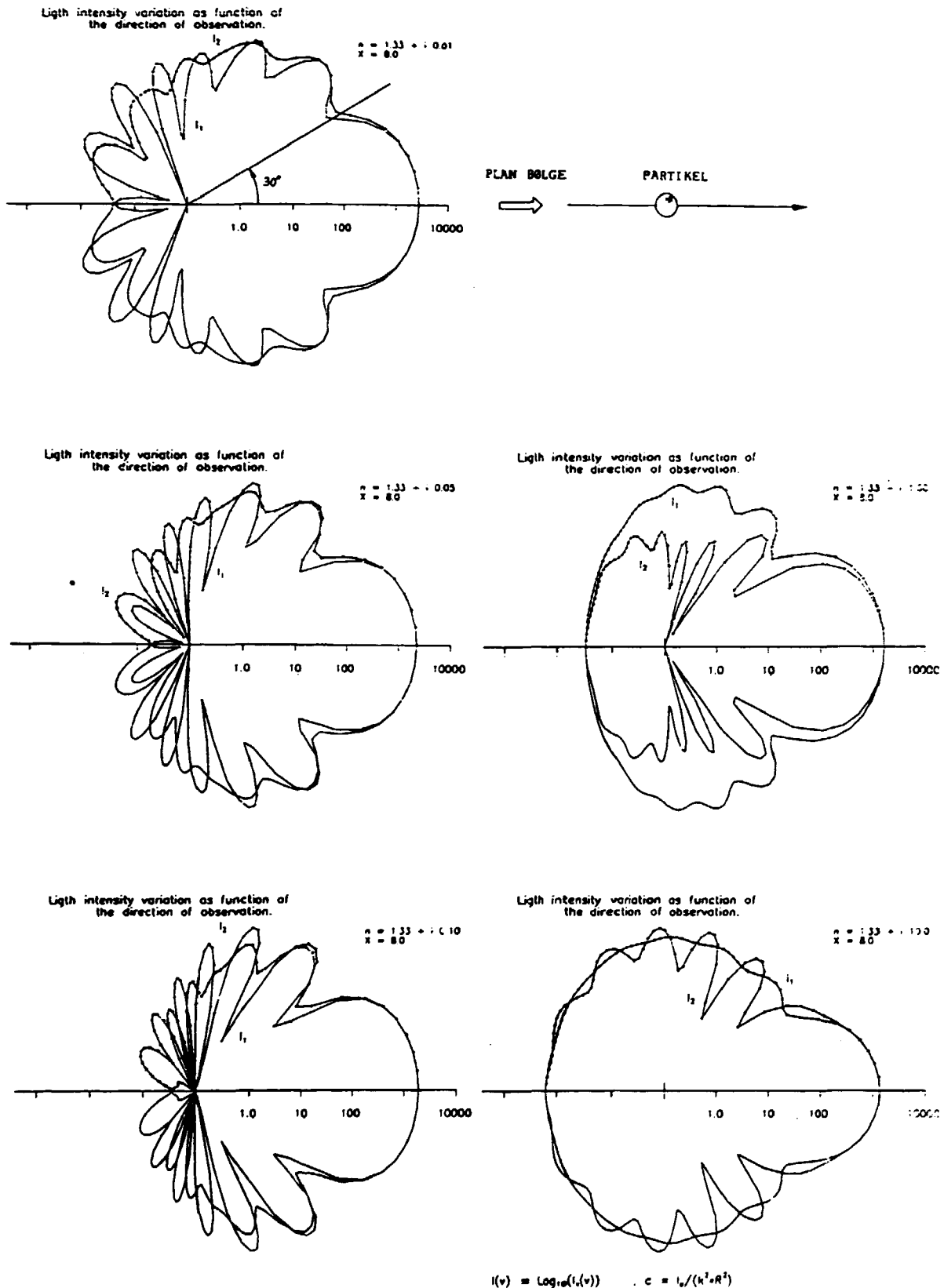


Fig. 3.3.1.: Polar afbildning af lysspredning fra kugleformet partikel (vand) med variation af partikelabsorptionens størrelse. Intensiteten er afbildet logaritmisk for at vise finstrukturen i det bagudspredte lys. $n_1 \approx 0.1$ svarer til stærk absorption. $n_1 \approx 1$ refleksion. x er et udtryk for partiklernes relative størrelse

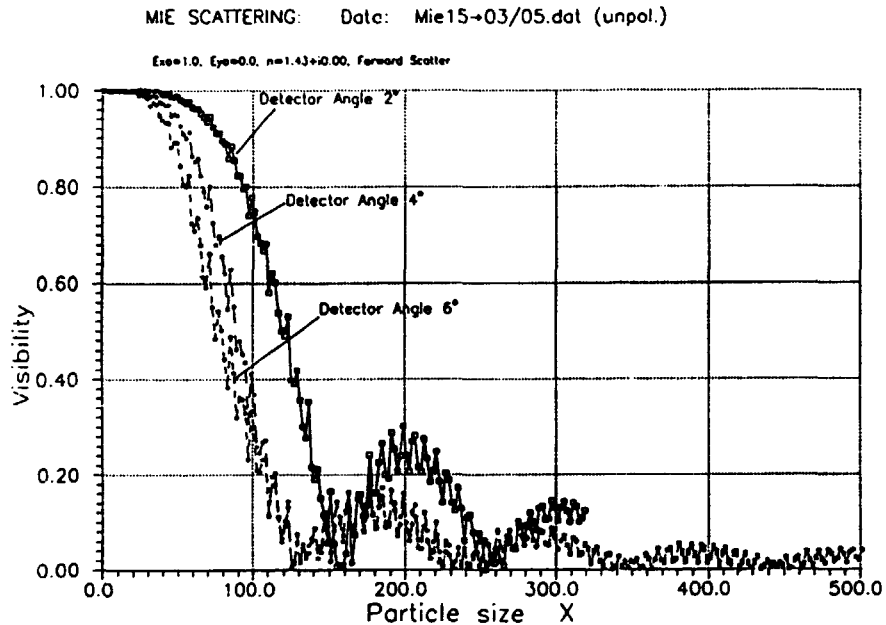


Fig. 3.3.2. Visibilitetskurve som funktion af partikelstørrelsen for 3 aperturvinkler. Småoscillationerne (skyldes indre reflektioner i partiklen) udglattes ved mindre absorption af partiklens materiale.

3.4. Udvikling af EDB-model for stationær tre-dimensional turbulent gas-partikel strømning. (EM j.nr. 1433/85-10)

Partikler fremført af en gasstrøm er et ofte forekommende fænomen. Det udnyttes til transport af partikler f.eks. i forbindelse med pulverslukkere, spraydåser og ved indfødning af kulstøv i kraftværkskedler. Det kan også være en uønsket, men svært undgåelig effekt som i raketmotorer, hvor en del brændstof rives uforbåndt med ud gennem dysen.

Dette projekt, som udføres i samarbejde med Laboratoriet for Varme- og Klimateknik, DTH, fokuserer på kraftværkskedler, ikke så meget på indfødningssystemet som på selve kedelrummet, hvor kulstøvspartiklerne kommer ind, opvarmes, afgasser, forbrænder og

afgiver den kemiske energi som varme, for til sidst som askepartikler at forlade systemet med røggassen eller måske at slå sig ned et sted på ovnvæggen.

Det lange mål er at få beskrevet processerne i fyret så godt, at de lokale forhold overalt i fyret kan beregnes; det korte mål, som er målet for dette projekt, er at få opbygget den nødvendige ramme for procesmodellerne samt at finde og indbygge up-to-date procesmodeller.

Rammen består af flere dele: En 3-D steady state gas flow beregning, der inkluderer beskrivelse af turbulens; en partikel-flow model, der følger et begrænset, men repræsentativt antal partikler gennem flow domænet samt en model for den energiudveksling mellem partikler, gas og vægge, der skyldes stråling.

Procesmodellerne omfatter modeller for turbulens, gaskomponent-opblanding, kulafgasning, koksforbrænding, gasforbrænding, konvektiv varmetransport, størrelsesfordeling af partikler, partikelnedslag på vægge etc.

Status ultimo december 1988: 3-D gasflow programmet og partikel flow programmet er blevet testet mod målinger for isoterisk strømning med partikler. En rapport om beregningerne er under udarbejdelse.

En artikel om strålingsmodellen er blevet accepteret i Inst. J. Heat Mass Transfer. (Se referenceliste 3.4.1.)

Beskrivelse af partikel flow programmet samt en udredningsrapport om partikler i gas er sendt til trykning. (Se referenceliste hhv. 3.4.2. og 3.4.3.).

Projektet vil blive afsluttet i begyndelsen af 1989.

3.5. Miljømæssige aspekter: EDB-model vedrørende miljøeffekter ved energiproduktion. (EM j.nr. 1323/87-12)

Projektet har til formål at opbygge en computermodel til beregning af miljømæssige konsekvenser af forskellige energiproduktionsalternativer og er en fortsættelse af projektet under EFP-82 og EFP-84 med sammt titel.

I projektets første fase under EFP-82 og EFP-84 blev der opstillet en model, der kunne beregne spredning via atmosfæren af forurenende stoffer, deponering af forurenende stoffer, påvirkning af jordbundsforhold og optag i planter.

Arbejdet under EFP-85 har hovedsageligt været centreret om to aktiviteter: Forbedring af jordkemimodulet og udvikling af en skovmodel.

ECCES-modellen (Environmental Calculations of Consequences from Energy Systems) er udviklet i samarbejde mellem forskellige afdelinger på Risø. Oprindeligt blev projektet varetaget af Energiteknikafdelingen med Kemiafdelingen som samarbejdspartner. I begyndelsen af 1988 blev projektet flyttet til Systemanalyseafdelingen, hvor den nyoprettede Miljømodelgruppe overtog ansvaret for modellens udvikling, stadigvæk i samarbejde med Kemiafdelingen.

ECCES-modellen er udviklet for at kunne beregne miljøpåvirkninger fra energiproduktionsscenarier, hovedsageligt påvirkninger, der skyldes luftforureningen fra kulfyrede kraftværker. Det drejer sig bl.a. om emission af svovldioxid og nitrose gasser. Disse luftarter bliver i atmosfæren helt eller delvis oxideret til svovlsyre og salpetersyre og fører dermed til en forsurening enten ved tørdeponering på jord og planter eller ved våddeponering med regnen. Emission af tungmetaller og andet partikelbåret materiale kan også håndteres.

Ideelt skulle en miljømodel være i stand til at beskrive miljøpåvirkninger meget bredt, f.eks. som indflydelsen på menneskelig

sundhed, påvirkninger på landbrugs- og industriproduktion, skadelige effekter på menneskeskabte strukturer. I dette projekt er det dog ikke muligt at opstille en model, der beskriver disse effekter i detalje. I den nuværende model er miljøpåvirkninger derfor udtrykt ved fysiske størrelser som pH-værdier og forskellige stoffers koncentration i luft, jord og planter. Modellen simulerer miljøets tilstand over en tidsperiode, f.eks. 40 år, ved at beregne udviklingen i disse størrelser måned for måned.

Alle påvirkninger beregnes som gennemsnitsværdier over en eller flere måneder. Derfor er modellen ikke velegnet til at simulere begivenheder med kortvarige høje koncentrationer, f.eks. svarende til ulykker.

Forureningskilderne repræsenteres som punktkilder (kraftværker) eller fladekilder (boligområder med individuel rumopvarmning). Hvis geografiske positioner repræsenteres i et rektangulært koordinatsystem, som også bruges til recipientpositionerne. Den udviklede model fokuserer på kilder og recipienter på Sjælland. En udvidelse af modellen til at dække resten af landet vil dog i princippet ikke kræve meget arbejde.

Scenarier defineres ved at specificere de kilder på Sjælland, som medtages i undersøgelsen, emissionsniveauer for forskellige pollutanter (f.eks. SO_2 , NO_x , Cd), samt en beskrivelse af de sjællandske landområder, hvor miljøpåvirkningen ønskes undersøgt.

Modellen indeholder submodeller for atmosfærisk spredning og deposition, jordbundskemi og for optagelse i afgrøder.

I forbindelse med modellens udvikling har man tilstræbt, at den skulle være så fleksibel som muligt med hensyn til udbygning af submodeller samt tillade uafhængige kørsler af submodeller. Spredningsmodellen kan således køres alene med kildepositioner og -emissioner som input og luftkoncentrationer som resultat. Jordbunds-, skov- og afgrødemodellen kan ligeledes køres uafhængigt for at beregne ændringer i jordbundskemien og optagelse i afgrøder for en given tilsætning af ioner og værn.

Som tidligere nævnt er der under EFP-85 projektet foretaget en forbedring af jordkemimodulet. Dette er et resultat af en sammenligning mellem en række eksperimentelle forsøg og tilsvarende modelberegninger, som er blevet udført med det formål at validere modellen.

Desuden er der udviklet en simpel skovmodel, som tager højde for de interaktioner, der foregår i trækronerne, således at modellen også kan bruges på skovsystemer.

3.6. Anvendelse af jordkemimodel på skovjord.

(EM j.nr. 1323/85-17)

Som en del af EFP-85 projektet "Miljømæssige aspekter: EDB-model vedrørende miljøeffekter ved energiproduktion" blev ECCES modellen udvidet med et skovmodul. Formålet med dette nye modul er at beregne, hvordan strømmen af vand og ioner til jordbunden ændres på grund af interaktioner i trækronerne, som illustreret på fig. 3.6.1.

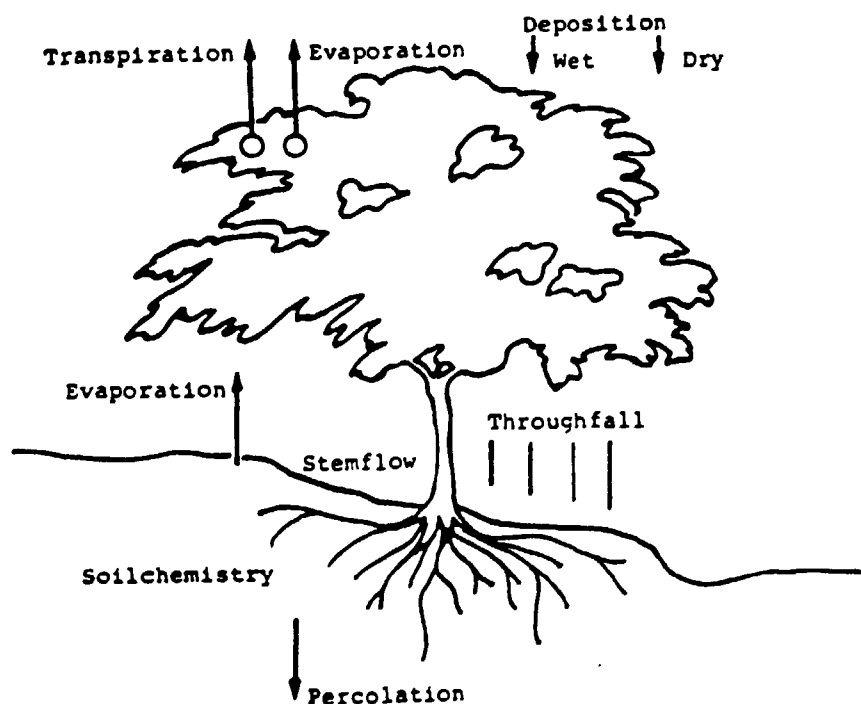


Fig. 3.6.1.

Formålet med EFP-87 projektet er at bruge modellen i forbindelse med felteksperimenter dels for at validere modellen og dels for at fortolke de eksperimentelle resultater. Projektet udføres i samarbejde med Statens Forstlige Forsøgsvæsen, Miljøstyrelsens Luftforureningslaboratorium og Kemiafdelingen på Risø.

De to førstnævnte institutioner varetager den eksperimentelle del, som består i opsamling og måling af nedbør, gennemfaldende nedbør og førnfald (blade, grene og andet organisk materiale) samt udtagning af jord og jordvæske i forskellige dybder. Kemiafdelingen foretager analyser af vandprøverne og karakterisering af jordprøverne.

I 1988 har arbejdet været koncentreret om den eksperimentelle del for at få data til modelleringerne: Først på året blev der opstillet udstyr til at opsamle de forskellige prøvetyper og resten af året er brugt på at analysere og karakterisere de opsamlede prøver.

I 1989 er planen at foretage modellering sideløbende med det fortsatte eksperimentelle arbejde.

3.7. Karakterisering af polycyklisk organisk materiale (POM)
i røggasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg:
(EM j.nr. 22528-418)

Polycyklisk organisk materiale (POM) er en kompliceret kemisk sammensat stofgruppe. Luftforureningen med disse forbindelser er i søgelyset grundet forbindelsernes kræftfremkaldende egenskaber.

Hovedgruppen, polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH) er opbygget af kondenserede benzen-ringe. PAH dannes ved forbrænding, fx af kul, olie, benzin, træ, halm og gas. Dannelsesmængden afhænger af forbrændingsbetingelserne. Den ringe forbrændings-effektivitet i de fleste mindre forbrændingsanlæg giver således højere PAH-koncentration i røggassen end den, der observeres fra store forbrændingsanlæg, f.eks. kraftværker.

De mest betydningsfulde kilder til luftforurening med PAH er biler og boligopvarmning. Bidraget fra biltrafikken er således vurderet til 27% ved Risø, 59% i et boligområde og 88% i en tæt trafikeret gade.

Koncentrationen af benz(e)pyren i røggassen fra Risøs to fluidbed anlæg har typisk været omkring 0,2 mikrogram/m³ ved kulforbrænding. Ved fluidbed forbrænding af en blanding af halm og kul var koncentrationen 10 gange større. Målingerne har omfattet bestemmelse af 18 PAH-forbindelser

FORSKNINGSPROGRAM 4: VINDKRAFT M.V.

4.1. Forskning og udvikling på Prøvestationen for Vindmøller. (EM j.nr. 1364/86-2 og 1364/87-2)

I 1988 var det 10 år siden, Prøvestationen for vindmøller blev oprettet. I den anledning har Risø udgivet et jubilæumsskrift, der på en populær måde fortæller om bl.a. udviklingen i forskningsaktiviteterne. Gennem alle årene har prøvestationens forskningsaktiviteter næsten udelukket været finansieret af Energiministeriets forskningsprogrammer.

Energiforskningsprogrammets støtte til udviklingen af mindre vindmøller har derfor en del af æren for den internationale succes, dansk vindmølleindustri har opnået.

Forskningsaktiviteten har ændret sig. I de første år koncentrerede aktiviteterne sig om at udvikle møller med en høj driftspålidelighed. Siden er aktiviteten blevet rettet mod at lave møllerne billigere og derved mere økonomiske. Dette er bl.a. sket ved at gøre møllerne lettere. Udviklingen for nogle væsentlige komponenter er vist i fig. 4.1.1.1 - 4.1.1.3.

Prøvestationens forskningsaktiviteter er i de sidste år blevet rettet mod mere grundlæggende forskning i enkelte forskningsområder, der er væsentlige for forståelsen af de belastninger, en vindmølle udsættes for under drift. I øjeblikket er arbejdet delt op i følgende 3 projekter:

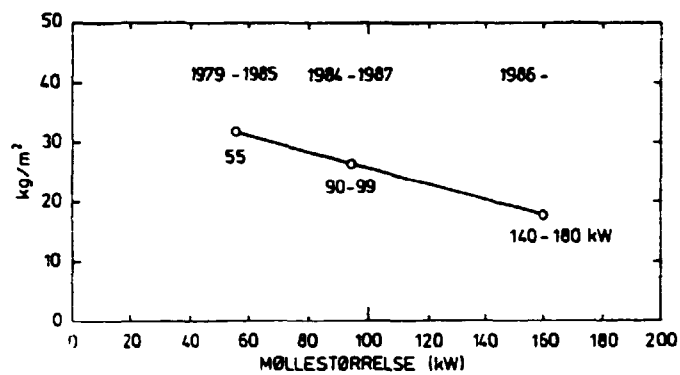


Fig. 4.1.1.1. Tårnvægt pr. m² bestrøget areal (Det bestrøgne areal er arealet af den cirkel, luftvingen tegner på en omdrejning).

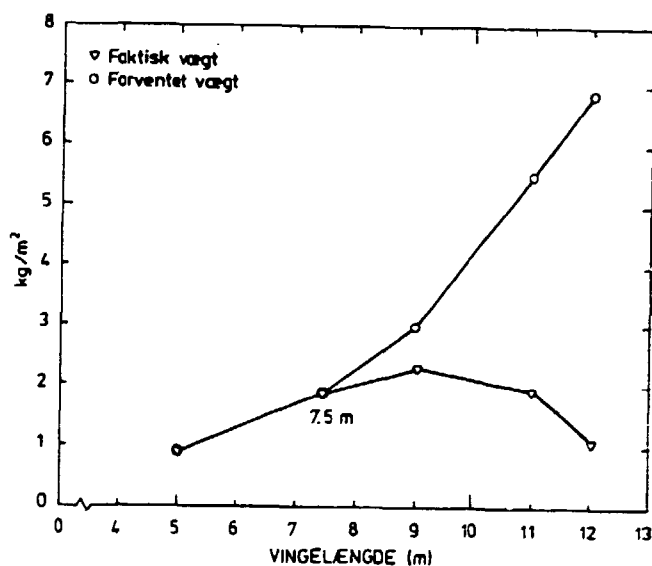


Fig. 4.1.1.2. Vingevægt pr. m² bestrøget areal for forskellige vingestørrelser og den forventede vægt i forhold til tredje potens af vingestørrelsen.

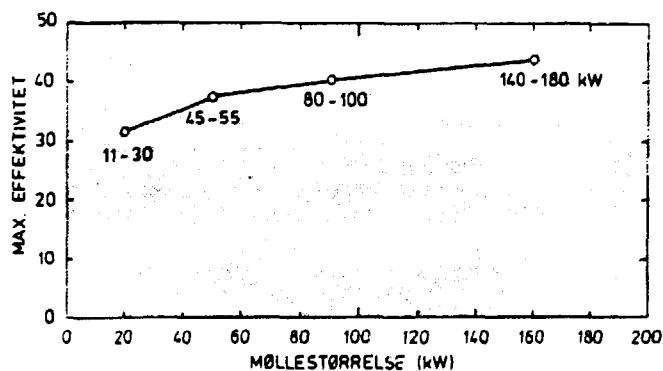


Fig. 4.1.1.3. Forbedringen i maksimal-effektiviteten i forhold til 11-30 kW møllerne.

4.1.1. Rotor aerodynamik. (EM j.nr. 1364/88-3)

Inden for aerodynamik er der arbejdet videre med bestemmelse af bladlastfordelingen på Tellus møllen i lighed med målingerne på Danwin møllen. Der er bl.a. målt højere op i stall-området. På Danwin møllen blev der vist, hvordan 3-D profildata varierede ud langs vingen og var stærkt modificerede i forhold til 2-dimensionale data. En tilsvarende effekt blev fundet på Tellus møllen, som anvender samme profiltype, men en mindre vinge. Desuden er det fundet, hvordan disse profildata afhænger af Reynoldstallet. Et lavere Reynoldstal medfører lavere maksimum opdrift og hældning på opdriftskurven.

En generalisering af disse modifikationer er forsøgt og medtaget i aerodynamiske beregninger. Den traditionelle beregningsmetode er taget op til revision.

Derudover er udført en del røgforsøg, hvor røgen synliggør luftens bevægelser omkring en vinge. Forsøgene optages på video, hvorved det er muligt bl.a. at bestemme de inducerede hastigheder i rotorplanet, som er afgørende i forbindelse med beregninger. Hidtil er røgforsøgene væsentligst koncentreret omkring tiphvirvlerne: Hvordan de afløses, oprettes, ekspanderer i kølevandet og opløses. Et af resultaterne af forsøgene er, at tiptabsberegningsmodellen er ændret til mere realistisk at dække strømningssforholdene omkring vingetippen.

Til visualisering af strømmingen lokalt henover bladet (granselaget) er der foretaget videooptagelse fra et medroterende kamera af et blad, monteret med båndler. Her ved er bl.a. separationsfordelingen og dens variation under omdrejning blevet bestemt ved forskellige vindhastigheder og dens forløb under en omdrejning. Det har vist sig, at strømmingen er instationær, idet separationen i visse områder af bladet bevæger sig på en stor del af korden under en omdrejning. Målingerne er sammenlignet med

grænselags-profilberegninger, som også forudsiger separationspunktets beliggenhed. De tredimensionale effekter viser sig at forskyde separationspunktet ca. 10% af korde-længden hen mod bagkanten og medfører dermed forøget opdrift i roden af bladet.

Det specielt instrumenterede HAWT-blad er snart klar til opsætning på Tellus møllen og muliggør en mere detaljeret undersøgelse af disse forhold.

4.1.2. Lastgrundlag og dimensionering.

(EM j.nr. 1364/88-4)

Inden for strukturel mekanik og lastgrundlag er der arbejdet en hel del med bestemmelse af lastspektre ud fra Rainflow metoden både ved en fortsættelse af målingerne på Danwin møllen og på andre møller. Der er udviklet et komplet program til Rainflow analyse med efterfølgende beregning af levetidsforbrug over 20 år. Metoden baserer sig på målinger i 10 min. perioder med forskellige vindhastigheder, yawvinkler og turbulensintensiteter. Programmet beregner ligeledes middelværdien af veksel-lasterne.

De fundne laster er i rimelig overensstemmelse med eksisterende praksis (godkendelsesregler og normudkast), dog har målingerne medført en revision af et enkelt punkt i normudkastet, idet udmattelseslasterne på tårnet har vist sig lavere end tidligere antaget.

De nye målinger betyder, at man i højere grad kan dimensionere møllen efter placeringen (vindparametre), idet spektrenes afhængighed af f.eks. turbulensintensitet er bestemt.

På den teoretiske side er der desuden udviklet program til at kunne beregne de stokastiske laster fra vindens turbulens, med hensyntagen til de væsentlige modalformer

for møllen, bestemt ved finite-element beregninger. Lasterne omsættes til tidsserier. De deterministiske laster beregnes særskilt og adderes, hvilket resulterer i et totalt tidssignal, hvorpå der kan laves Rainflow tælling og levetidsberegninger. Foreløbige sammenligninger med målingerne tyder på rimelig god overensstemmelse.

Der er indledt målinger af spændingskoncentrationer omkring døråbning og flanger, som ofte er dimensionerende for tårne. Målingerne har vist spændingskoncentrationer på op til 2.5 gange middelværdi. Forholdet er meget afhængigt af udformningen af detaljerne, hvilket betyder, at der kan vindes en hel del på dette punkt, bl.a. ved hensigtsmæssig placering af svejsninger.

4.1.3. Design af to-bladet mølle. (EM j.nr. 1364/88-5)

I forbindelse med undersøgelse af to-bladede møller er der udviklet en model til beskrivelse af dynamikken for en sådan mølle med vippe-nav. Der anvendes et begrænset antal frihedsgrader, i første omgang fem, til beskrivelse af rotor-aksel systemet. Denne er under udbygning til også at medregne tårnbevægelser, således at der skulle fås en realistisk, men stadig overskuelig beskrivelse af den væsentlige dynamik for en sådan mølle. Modellen bliver i første omgang sammenlignet med målinger på den 2-bladede DWT mølle. Denne mølle er instrumenteret omfattende og klar til opstilling. På forhånd er foretaget en modalanalyse på rotor og møllehat til bestemmelse af egenfrekvenser og modalformer. Desuden er der målt og beregnet inertimomenter, stivheder og dæpningsforhold, som er væsentlige parametre, der indgår i modellen.

4.2. Design Basis for vindmøller. (EM j.nr. 1364/88-6)

Det er hensigten med Design Basis for vindmøller at skabe en pc-software pakke, der sætter brugeren i stand til at foretage en lang række dimensionsberegninger på vindmølleområdet. Input/output-strukturen i det endelige produkt skal være af en sådan karakter, at det vil være muligt for en ingeniør uden speciel vindmølleteknisk baggrund at kunne bruge softwaren efter en mindre instruktion.

Det tekniske indhold i Design Basis er i høj grad baseret på den eksisterende teori, selv om en vis modifikation vil være nødvendig i mange tilfælde af hensyn til tempoet og de begrænsede muligheder i en microcomputer. Følgende områder er blevet indkodet:

- Aerodynamiske bladlaste.
- Egenfrekvenser og svingningsformer for et enkelt blad.
- Tværsnitsegenskaber for komplekse strukturer.
- Transformation af vindeffektspektret til det roterende koordinatsystem.

Da Design Basis' succes i høj grad beror på programmets brugervenlighed, er der især lagt vægt på software-aspekterne, som omfatter:

- Analyse af udviklingstendenser og anvendeligheden af såvel software som hardware.
- Udvikling af brugervenlige menuer og data-editorer
- Godkendelse af input data
- "Hjælpevindue"-system
- Grafik
- Teknikker til søgning og korrektion af fejl.

Design Basis programmet kan i dets nuværende form beregne og vise aerodynamiske laste på forskellige dele af en vindmølle. Det kan behandle typiske driftsbetingelser som f.eks. tårnskygge, vindgradient og skæv anblæsning hidrørende fra krøjefejl, tilt og vindhastighedens vinkel med det horisontale plan. Data input foregår interaktivt.

Det nuværende arbejde vil snart kunne udvide programmets muligheder til også at omfatte bestemmelse af dynamiske laster. Her er især vurderingen af metaltræthedsskader og ekstremlaster vigtig. I den foreløbige udgave vil kun dynamikken for et enkelt blad blive behandlet. Dette er tilstrækkeligt til at kunne give en god tilnærmelse til de aktuelle bladlaster for mange eksisterende vindmøller.

4.3. Gust estimering. (EM j.nr. 1364/87-7)

Formålet med projektet er at forbedre eksisterende metoder til beregning af forventningsværdien af de største vindhastigheds- og vindretningsstød (gust) virkende på en konstruktion, når der tages hensyn til konstruktionens udformning samt til karakteren af den atmosfæriske turbulens.

Den tidligere opstillede model for variationer i vindhastigheden var udformet ved hjælp af data fra Nibe. Modellen burde være repræsentativ for simpelt fladt terræn, men i Nibe er der visse terræn-uregelmæssigheder, med et stykke Limfjord opstrøms, derpå land igen og endelig Nordsøen, når man tager hensyn til den retning, hvorfra de kraftigste vinde kommer, nemlig nordvest. Det kan argumenteres, at storskala uregelmæssigheder, som de omtalte, eventuelt kunne være skyld i, at de benyttede data (og den udviklede model) var karakteriseret ved et betydeligt større indhold af energi ved lange bølgelængder end de hidtil anvendte modeller. Derfor blev modellen testet imod data fra en helt anden lokalitet, nemlig fra den flade Lammefjord, og resultaterne herfra stemte meget fint med modellen, og konklusionen må nu være, at modellen er rigtig, og at den derfor vil blive brugt i det videre arbejde med undersøgelser af, hvilke belastninger dette vil give anledning til på f.eks. en vindmølle konstruktion.

4.4. Vindprofil over kystnære områder. (EM j.nr. 1364/88-8)

Formålet med dette projekt er at gennemgå den tilgængelige viden om emnet og på baggrund heraf lave et måleprogram, der vil kunne udfylde hullerne i den eksisterende viden. Et sådant målepro-

gram forbindes med etableringen af de første vindmølleparker i kystnære områder.

Med hensyn til vindenergi kan de væsentligste mangler i vor viden om vindprofiler over hav opsummeres som følger:

1. Der eksisterer ikke nogen grundig beskrivelse af overfladeruheden for en havoverflade i henholdsvis kystnære og lavvandede havområder. Der er en vis konsensus om, at havoverfladens ruhed må forventes at være højere i kystområder end over åbent hav. De fleste tilgængelige datasæt såvel som kvalitative modeller peger i denne retning. Imidlertid findes der endnu ikke en god kvantitativ modelbeskrivelse, der tillader bestemmelse af havoverfladens ruhed for givne topografiske og meteorologiske forhold tæt på kysten. Der findes ligeledes en vis konsensus om, at en sådan modelbeskrivelse må inkludere en detaljeret beskrivelse af relationerne mellem overfladeruheden og bølgefeltet.
2. Stabilitetsforholdene er helt forskellige over land og vand på grund af de store forskelle i land- og vandoverfladernes termiske egenskaber. Disse forhold er velkendte, men kun lidt og usystematisk undersøgt.
3. Ved fralandsvind vil forskellen i stabilitets- og ruhedsforhold over henholdsvis land og vand medføre, at et internt grænselag langsomt vokser op over vandoverfladen. Dette grænselag kan have turbulensegenskaber, der er væsentligt forskellige fra turbulensegenskaberne i det ovenover liggende grænselag, hvilket igen betyder, at rumlige kohærens-funktioner kan være væsentligt forskellige fra de normalt brugte former.

Udover gennemgang af relevant litteratur har arbejdet i 1988 samlet sig om kvantitative undersøgelser af punkt 2. Her er flerårige, samtidige dataserier blevet analyseret med hensyn til stabilitetsvariationer i målinger henholdsvis over land og over vand. Dataene vedrørende målinger over vand kommer fra Sprogø,

medens dataene for målinger over land kommer fra en målestation ved Tystofte i Sydvestsjælland. Risø's Meteorologisektion har kørt begge stationer i en årrække.

Færdiggørelsen af projektet er blevet forsinket ca. et halvt år. Dette skyldes hovedsagelig, at det har været vanskeligt at få arrangeret besøg hos de internationale grupper, der foretager løbende bølgemålinger. Sådanne målinger må anses for både en vigtig og dyr komponent i et eventuelt måleprogram. Vi anser det derfor for vigtigt at få gennemdiskuteret denne programkomponent med erfarne folk og at se den i funktion, før vi rapporterer de endelige anbefalinger i projektets slutrapport.

4.5. Driftspålidelighed for mindre vindmøller/økonomiske konsekvenser. (EM j.nr. 1364/87-6)

Formålet med projektet er at udvikle en teknisk/økonomisk model for et mindre vindkraftanlæg til anvendelse til vurdering af driftsøkonomien baseret på en løbende analyse af driftserfaringerne. Arbejdet er gennemført ved at udføre en pålidelighedsanalyse af et mindre vindkraftanlæg.

I projektets første fase analyseredes tilgængelige driftserfaringer fra "Naturlig Energi", 1980-85. Den statistiske analyse af 55 kW anlæg viste,

- at der ikke er signifikant forskel i fejlraten mellem BONUS-møllen og andre design (se tabel 4.5.1.),
- at fejlraten for forskellige systemer varierer, men at der ikke er signifikant forskel mellem BONUS og andre design (se tabel 4.5.2.) for det enkelte system.

I projektets anden fase er analysen begrænset til et enkelt design. Vindmøllen er opdelt i 12 delsystemer, hvor der er udført en fejltræsanalyse for hvert delsystem:

- Vinger, luftbremse
- Gearkasse
- Krøjesystem
- Styresystem
- Bremsesystem
- Koblinger
- Tårn
- Nav
- Hovedaksel, hovedleje
- Generatorer
- Maskinfundament
- Fundament.

Ved fejlanalysen opstilles på en systematisk måde en oversigt over samtlige fejl, der kan forårsage svigt af et delsystem. Et eksempel er vist i fig. 4.5.1, hvor fejl, der kan forårsage funktionssvigt af tårnet, er vist. Pålidelighedsanalysen kan udføres på basis af de udviklede fejltræer og data for fejlhyppigheder, reparationstider, reparationsomkostninger samt driftstab ved driftsforstyrrelsen.

Hovedresultatet af arbejdet er, at det er muligt at udarbejde en teknisk/økonomisk model til anvendelse ved vurdering af driftsøkonomien. Den største svaghed er manglen på data. Der findes dataopsamlinger, men rapporteringen er langt fra fuldstændig, ligesom kvaliteten af rapporteringen bør forbedres, før det fulde udbytte af den udviklede model kan opnås.

	Antal fejl analyseret	Antal møller undersøgt
Andre	697	236
Bonus	67	28
Alle	764	264

Tabel 4.5.1. Fordelingen af fejl mellem Bonus og øvrige.

	Andre	Bonus	I alt
Krøjesystem	83	9	92
Styresystem	219	31	250
El-net	38	5	43
Vinger	106	5	111
Generator	80	3	83
Aksler/lejer	11	3	14
Bremsesystem	67	2	69
Gear	41	8	49
Kobling	12	1	13
Rotornav	6	0	6
Hele møllen	6	0	6
Tårn	4	1	5
Andet	6	2	8
Ikke oplyst	165	7	172
	844	77	921

Tabel 4.5.2. Fordelingen af fejl på systemer.

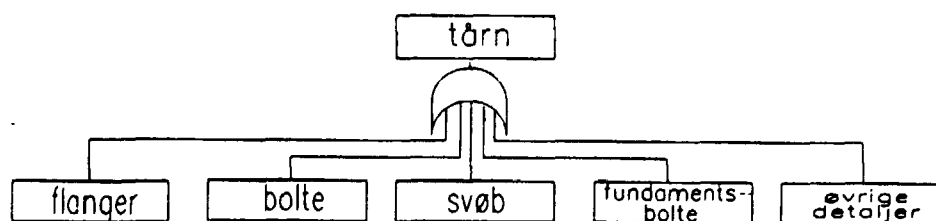


Fig. 4.5.1. Fejltræ for funktionssvigt af tårn

OMRÅDE 6: ENERGIANVENDELSE I INDUSTRIELLE PROCESSER

6.1. Indpasning af større absorptionskølemaskiner i det danske energisystem. (EM j.nr. 1223/86-6)

Næsten al køling i Danmark udføres ved hjælp af el-motor drevne kompressionskøleanlæg, men en mindre del af kølebehovet dækkes af absorptionskøleanlæg, som drives ved hjælp af varme, der kan leveres i form af overskudsvarme fra forbrændingsanlæg, industrivirksomheder og kraftværker.

Arbejdsmediet i et absorptionskøleanlæg udgøres af et stofpar. De to helt dominerende stofpar er LiBr-vand (lithiumbromid) og ammoniak-vand. LiBr-vand kan anvendes til køling af temperaturen ned til ca. 5°C, og anvendes derfor hovedsageligt til luftkonditionering og køling af EDB-anlæg. Ammoniak-vand kan benyttes ned til ca. -50°C og anvendes derfor til køling og frysning af fødevarer.

LiBr-vand

På Herlev Sygehus's LiBr-vand absorptionskøleanlæg er gennemført et måleprogram i sommeren 1987. På grund af den usædvanlig kolde sommer var belastningen på anlægget meget lav. På hele sommeren opnåedes dog en sammenhængende periode på en uge med belastninger imellem 20% og 60% af anlæggets dimensionerende kuldeydelse.

På fig. 6.1.1 er vist en række måleresultater fra denne uge. Det ses, at kuldeydelsen og varmekonsumet udviser en tydelig døgnvariation med maximum nogle timer efter middag.

På baggrund af måleresultaterne fra Herlev Sygehus kan det konstateres, at varmekonsum, kuldeydelse og det heraf følgende varmekonsum (virkningsgrad), der kan måles på et absorptionskøleanlæg, i praktisk drift vil være kraftigt påvirket af en række forhold udover de øjeblikkelige temperaturer og flow:

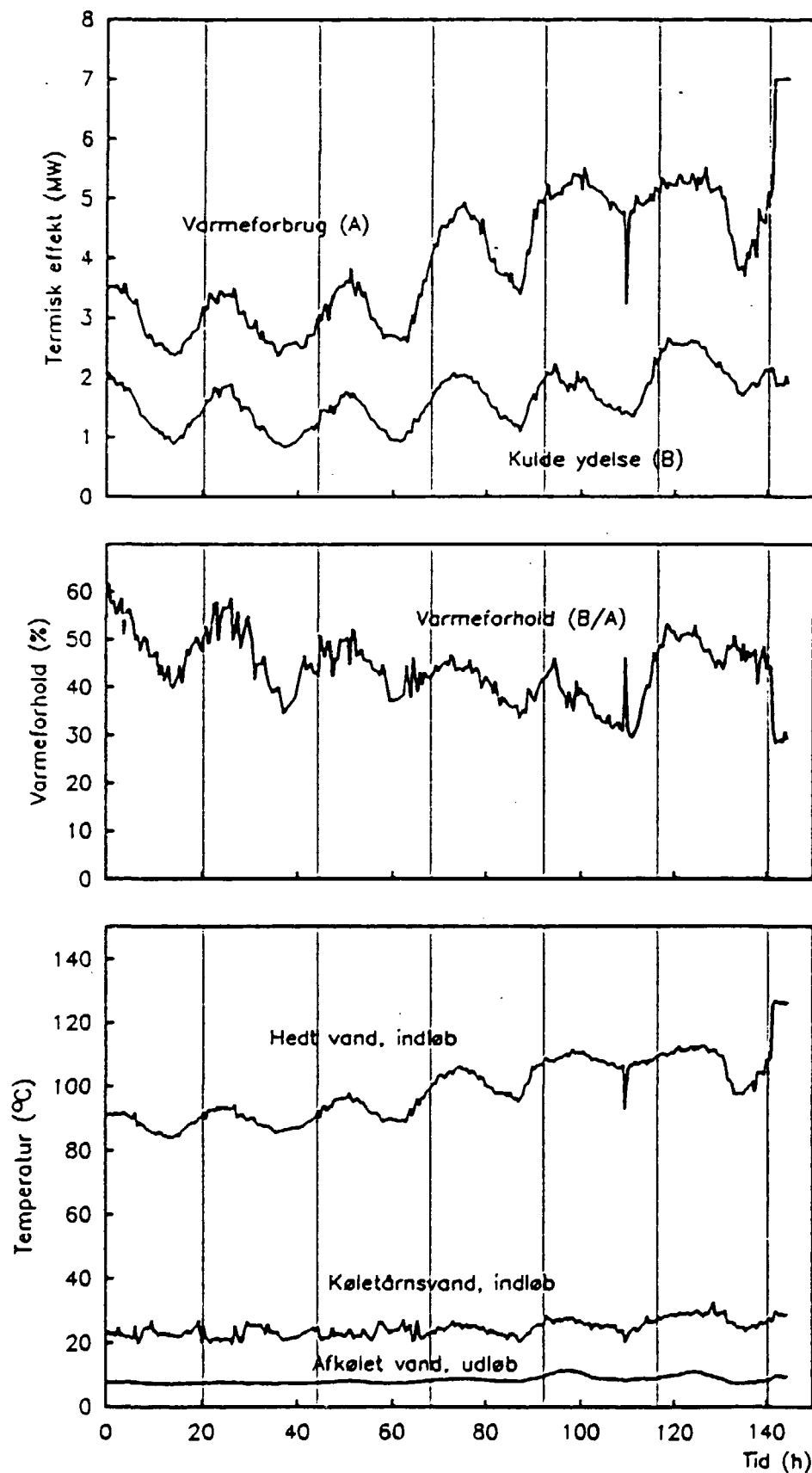


Fig. 6.1.1. Måleresultater for første uge i juli 1987. Starttidspunkt er 2. juli kl. 15.30. De lodrette hjælpelinier angiver kl. 12 middag

- dynamisk forløb af belastningsændringer,
- løbende ændringer af maskinkarakteristik grundet luftindtrængning og evakuering.

På grund af ovennævnte forhold og den forholdsvis begrænsede mængde måleresultater i interessante belastningsområder har det ikke været muligt inden for nærværende projekt at "tilbageføre" måleresultaterne til en form, således at disse kan sammenlignes direkte med måleresultater opnået under stationære laboratorieforhold eller med katalog data.

Det opnåelige varmemeforhold (virkningsgrad) er stærkt afhængig af belastningsgraden, variationer i driftsforholdene samt tætheden af maskinen og omhyggelig evakuering af luft fra systemet. Ved omhyggelig dimensionering og drift skulle middelværdier for varmemeforholdet på 0,45-0,55 over driftsperioden være opnåelige for anlæg til luftkonditionering. Dette medfører, at absorptionskøleanlæg drevet af kraftvarme er stort set energimæssigt ligeværdige med el-drevne kompressionsanlæg. Såfremt absorptionskøleanlæg kan drives med egentlig spildvarme fra f.eks. forbrændingsanlæg eller industri, vil dette være energioekonomisk meget fordelagtigt. Såfremt varmen skal skaffes ved direkte fyring i en kedel, medfører dette et brændselsforbrug, der er 2-3 større end for el-drevne kompressionskøleanlæg, som har et varmemeforhold på cirka 3.

Den væsentligste parameter af betydning for investeringerne ved nyetablering af LiBr-vand absorptionskøleanlæg er anlæggets størrelse. For mindre anlæg er investeringerne til absorptionsanlæg betydeligt større end for kompressionsanlæg. For store anlæg (3000 kW kuldeydelse og derover) er der ingen eller kun små forskelle i investeringerne.

Driftsudgifterne afhænger, udover af anlæggets virkningsgrad, først og fremmest af antallet af driftstimer samt priserne på el, varme og vand (til køletårne).

En analyse af tilbagebetalingstiden for merinvesteringen ved nyetablering af absorptionskøleanlæg som alternativ til el-drevet kompressionskøleanlæg til luftkonditionering har vist, at den mindste økonomiske anlægsstørrelse er en kuldeydelse på ca. 600 kW. Endvidere viser analysen, at for store anlæg ligger den maksimale pris for varme til drift af absorptionsanlæg i området 8 - 18 kr/GJ afhængig af elprisen.

Ammoniak-vand

På trods af at ammoniak-vand absorptionskøleanlæg har været benyttet i mere end hundrede år, har det været vanskeligt at fremskaffe relevante økonomiske data. Før oliekrisen havde ammoniak-vand absorptionskøleanlæg en vis udbredelse, specielt til egentlig lavtemperatur køling under -40°C , f.eks. frysetørring. Men på grund af de kraftige stigninger på varmepriserne og fremkomsten af forholdsvis billige og driftssikre skruekompressorer har absorptionskøleanlæg tabt næsten hele dette marked. Ammoniak-vand absorptionskøleanlæg produceres i dag stort set kun som store anlæg (kuldeydelse større end 1 MW), og der eksisterer p.t. ingen dansk produktion.

Det vurderes, at kraft-varmedrevne ammoniak-vand absorptionsanlæg og el-drevne ammoniak kompressionsanlæg stort set er energimæssigt ligeværdige over et temperaturinterval for fordampningstemperaturer fra ca. -40 til -20°C . For højere fordampningstemperaturer er el-drevne kompressionsanlæg energimæssigt at foretrække fremfor kraft-varmedrevne.

En energimæssig gevinst ved anvendelse af ammoniak-vand absorptionsanlæg kan således kun forventes for fordampningstemperaturer under ca. -20°C , og hvor anlægget helt eller delvist kan drives af egentlig overskudsvarme. Omvendt kan det siges, at hvor egentlig overskudsvarme kun er til rådighed i en del af driftsperioden, kan sådanne absorptionsanlæg drives med kraftvarme i den resterende driftstid uden væsentligt ekstra brændelsforbrug.

Varmekilder og kuldebehov

En gennemgang af de danske fjernvarmeværker har vist, at der på ca. 15 værker en del af året vil være mulighed for at levere egentlig overskudsvarme baseret på skraldforbrænding eller overskud fra industri. Det skønnes, at disse værker i alt vil have en potentiel mulighed for levering af 100-150 TJ/år. Opførelsen omfatter kun allerede tilsluttede industrileverancer.

Da LiBr-vand absorptionskøleanlæg kun er økonomisk fordelagtige for forholdsvis store anlæg, og ammoniak-vand absorptionskøleanlæg kun produceres som store anlæg, begrænses antallet af mulige installationer.

Luftkonditionering af kontorbygninger, hvor stigende anvendelse af elektrisk drevet kontorudstyr øger interessen for køling, kan vise sig at være et område, hvor LiBr-vand absorptionskøleanlæg kan gøre sig gældende. For ammoniak-vand absorptionskøleanlæg ligger de største muligheder formentlig hos industrier, der selv kan levere en del af den nødvendige varme.

6.2. Udvikling af iltmålesonde med forbedrede højtemperatur-egenskaber. (EM j.nr. 12123/86-3)

Projektet foregår i et snævert samarbejde mellem Metallurgiafdelingen, Risø, og Dansensor System A/S.

Ved anvendelsen af iltmålesonder til in-situ målinger direkte i forbrændingskammeret i olie- og gasfyrede anlæg udsættes disse for store temperaturvariationer. Dette stiller store krav til de anvendte materials bestandighed over for temperaturchock og korrosion, og specielt de keramiske iltionledere har vist sig at være meget følsomme over for hurtige temperaturændringer. Formålet med dette projekt er derfor at udvikle en ny generation af iltmålesonder med forbedrede højtemperatur egenskaber baseret på nye keramiske materialer.

Materialeforskning

Den keramiske iltionleder, yttriumoxid fuldt stabiliseret zirkonium oxid (YFSZ), der hidtil udelukkende er anvendt i kommercielle iltensorer, har vist sig at have en forholdsvis ringe temperatur chockbestandighed. Grunden til dette er materialets forholdsvis ringe mekaniske styrke samt relativt lave brudsejhed.

Betydeligt bedre mekaniske egenskaber kan imidlertid forventes med de såkaldte yttriumoxid partielt stabiliserede zirkoniumoxider, YPSZ, der kan fremstilles med styrker (ved stuetemperatur), der svarer til, hvad der kan opnås med højstyrkestål samt med en betydeligt forbedret brudsejhed i forhold til YFSZ. Hovedindsatsen inden for materialeforskningen, udført i dette projekt, har derfor været at undersøge, om YPSZ kan anvendes som keramisk iltionleder i iltensorer.

Ledningsevнемålinger: En nødvendig forudsætning for denne anvendelse er naturligvis, at iltionledningsevnen for disse materialer er tilstrækkelig høj. Ledningsevнемålinger udført ved impedansspektroskopi (se ref. 6.2.1.) af henholdsvis YFSZ og YPSZ i temperaturområdet 300-800°C viste, at sidstnævnte endog har en potentielt bedre ledningsevne end YFSZ ved lav temperatur (under ca. 350°C), mens det omvendte gælder ved højere temperatur. Ud fra disse målinger kan det dog konkluderes, at ledningsevnen for YPSZ i hele det målte temperaturområde samt ved betydeligt højere temperatur vil være tilstrækkelig høj for anvendelsen som iltionleder i iltensorer.

Termisk chockbestandighed: Bestandigheden over for termiske chock blev karakteriseret ved henholdsvis bratkøling (i kogende vand) af emner opvarmet til en given temperatur og ved termisk cycling. Foruden YPSZ blev også YPSZ/Al₂O₃ (med 20, 40, 60 vægt% Al₂O₃) undersøgt. Efter henholdsvis bratkøling og termisk cycling blev den termiske chockbestandighed evalueret ud fra styrkemålinger foretaget ved den såkaldte 4-punkts bøjestrækstyrke-

måling. Resultaterne viste, at ΔT_c , den kritiske temperaturforskelle, ved bratkøling for YPSZ typisk ligger på ca. 220 (se fig. 6.2.1.), mens denne værdi falder med stigende Al_2O_3 indhold - ΔT_c for YPSZ/60% Al_2O_3 var på ca. 120°C. Tilsætning af Al_2O_3 til YPSZ vil således ikke forbedre egenskaberne af den keramiske iltionleder.

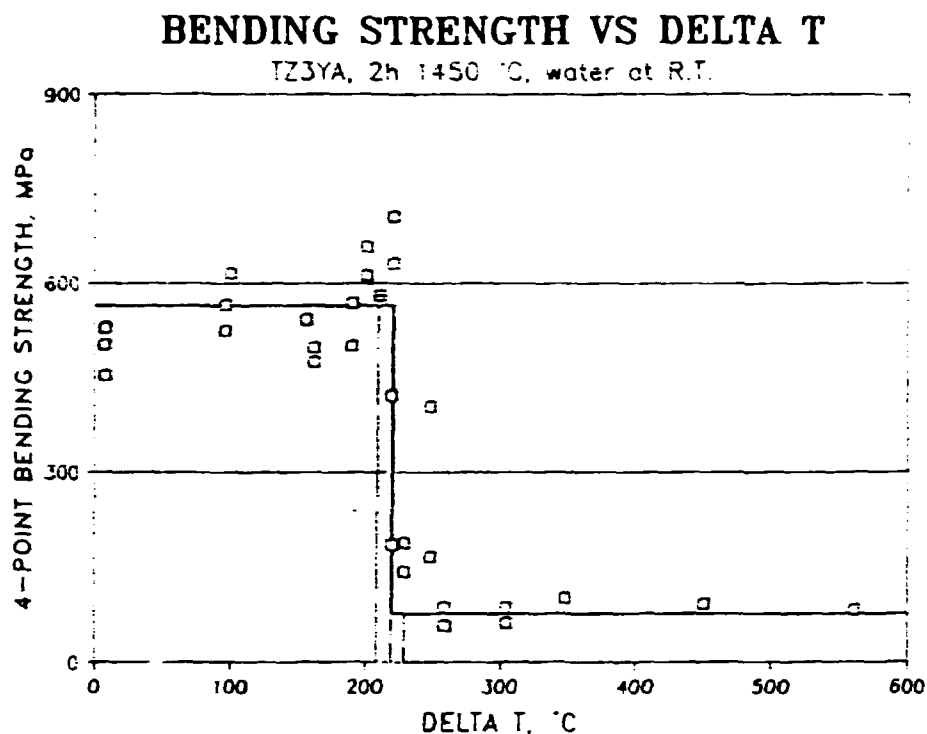


Fig. 6.2.1

I modsætning til bratkølingseksperimenterne viste termisk cycling (se apparaturer på fig. 6.2.2), der giver mere realistiske afprøvningsbetingelser for sensorer, at emner af YPSZ var meget stabile. Efter 75 cykler mellem stuetemperatur og 860°C var der således ikke nogen tendens til nedbrydning (forringelse af mekanisk styrke). Mere detaljerede undersøgelser af modstandsdygtigheden over for termisk cycling er startet, men tentativt kan konkluderes, at YPSZ ud fra de gennemførte undersøgelser må forventes at have en god bestandighed over for termiske chock under "moderate" temperaturvariationer.

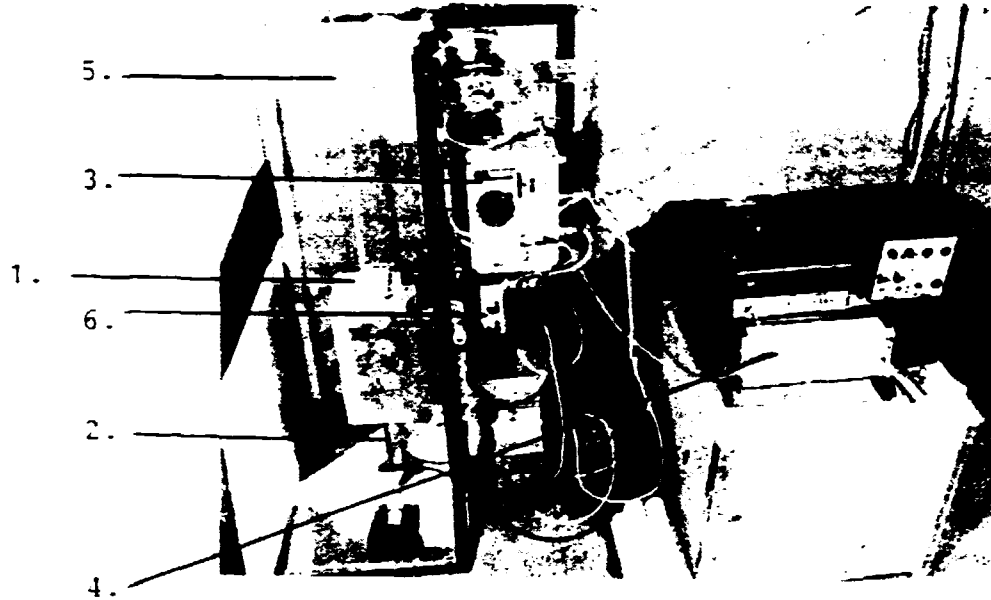


Fig. 6.2.2.

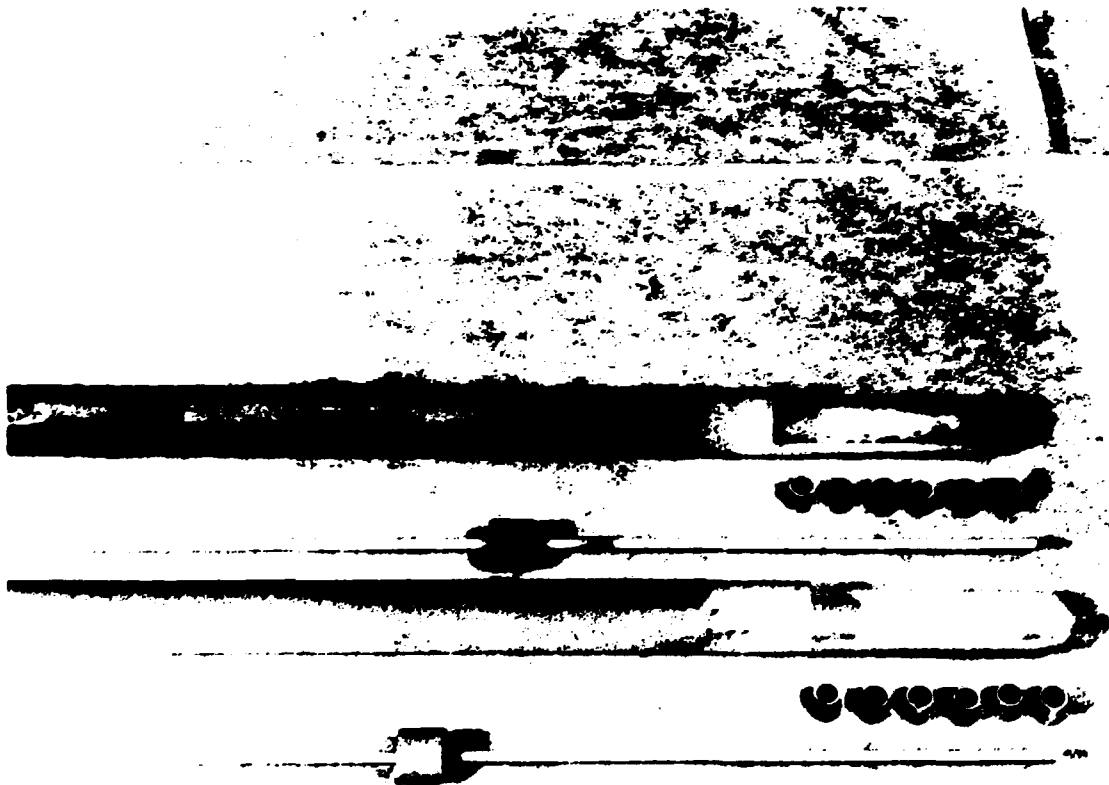


Fig. 6.2.3. Prøvebeholder

Korrosionsforsøg: For afprøvning af de keramiske iltionledere under mere realistiske forhold er korrosionsforsøg af diverse materialer startet i en produktionsovn på Den Kgl. Procelænsfabrik. Fig. 6.2.3. viser prøveholderen, der indsættes i ovnen. Efter udtagningen af prøverne vil disse blive vejede og udmålt for fastlæggelse af et eventuelt korrosionsangreb, mens deres mekaniske styrke vil blive bestemt til fastlæggelse af en eventuel revnedannelse på grund af temperaturvariationer. De første prøver vil blive udtaget i begyndelsen af 1989.

Langtidsafprøvning af sensorer

Fig. 6.2.4 viser en facilitet udviklet på Risø for langtidsafprøvning af et større antal (i alt 18) sensorer samtidigt. Opvarmningen af ovnen foretages ved hjælp af stavformede kanthal varmelegemer, og den maksimale temperatur er ca. 1250°C. I faciliteten indgår også et gasblandesystem, således at afprøvningen kan foretages med en række gasblandinger selv under ekstreme blandingsforhold - f.eks. 1/2000-2000/1. Endelig kan nævnes, at opsamling og behandling af måledata i dette system foretages med en HP-computer ved hjælp af en software specielt udviklet til dette formål.

En række sensorer med forskellige keramiske iltionledere er afprøvet i denne facilitet. Generelt viste de afprøvede sensorer sig at være meget stabile, selv efter ca. 2 års afprøvning ved en temperatur på 800°C.

Dette gælder også sensorer fremstillet af YPSZ (delvis stabiliseret ZrO_2), og det kan derfor konkluderes, at dette materiale under disse betingelser er fuldt på højde med YFSZ (fuldt stabiliseret ZrO_2) som keramisk iltionleder for iltensorer.



Fig. 6.2.4. Apparat til langtidsafprøvning af sensorer

Sondefremstilling ved hjælp af metal-keramik bonding

En metode er udviklet til fremstilling af sonder ved bonding ved hjælp af guld og platin metalfolier. Ifølge litteraturen kan endog meget stærke forseglinger opnås ved denne teknik, der foregår under en svag belastning, ca. 10 kg, ved opvarmning til en temperatur, hvor metalfolien bliver plastisk, men hvor den ikke er smeltet. Fig. 6.2.5. viser opstillingen, der anvendes til dette formål, mens fig. 6.2.6 viser sensorer fremstillet ved bonding med platinfolie. Med denne metode er det muligt at opnå gastætte forseglinger, der også forbliver tætte efter mange temperaturcyclinger fra stuetemperatur til drifttemperaturen (ca. 775°C) - i en løbende afprøvningsserie er opnået 500 temperaturcyclinger stadig med bibeholdelse af gastætheden!

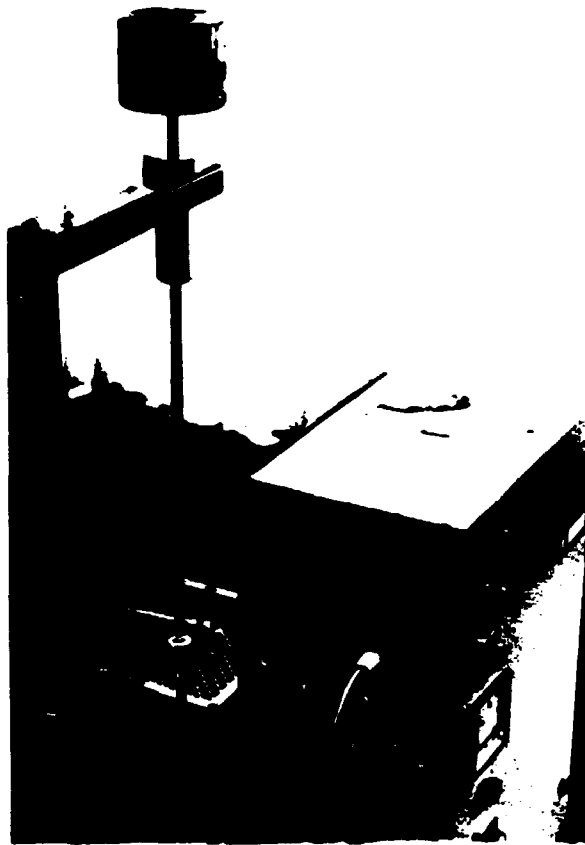


Fig. 6.2.5. Apparat til forsegling af sensorer

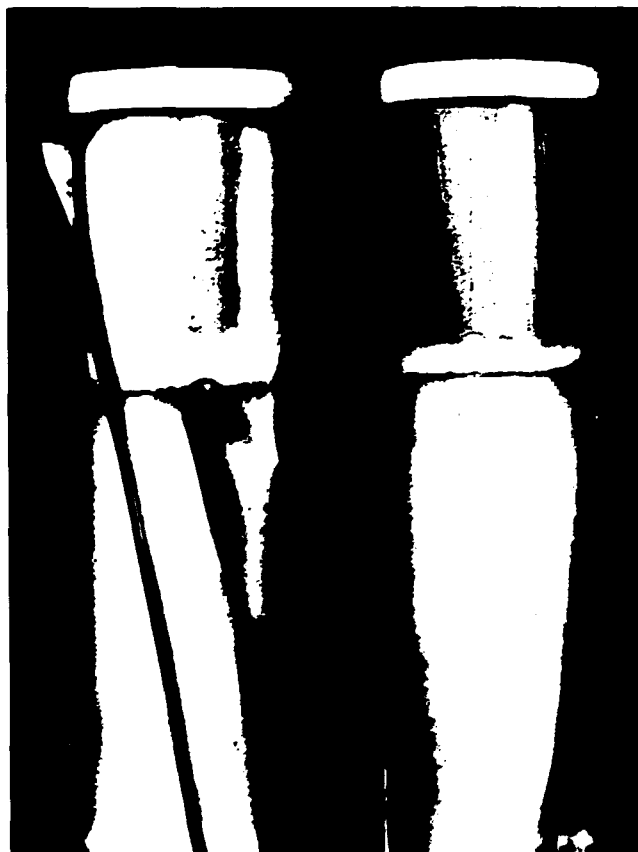


Fig. 6.2.6. To færdige sensorer til iltmåling

6.3. Vådoxidation af lavmolekylære fede syrer.

(EM j.nr. 1223/86-1)

Projektet "Vådoxidation" har omfattet nedbrydning af forskellige organiske forureningskomponenter. Nedbrydningen foregår i vandigt medium under højt tryk, høj temperatur samt O₂-tilsætning. Herved vådforbrænder organiske stoffer til simple organiske forbindelser (fortrinsvis syrer), som er vandopløselige og ofte vil kunne underkastes en biologisk behandling.

Undersøgelserne har hidtil været meget anvendelsesorienterede. De betragtede forureningskomponenter er fremkommet ad tilfældig vej som aktuelle forureninger opgravet rundt omkring i Danmark på tidligere industrigrunde.

I den sidste del af projektet er påbegyndt en mere tilbundsående undersøgelse af, dels hvilke produkter der dannes ved vådoxidationsprocessen, dels produkternes omdannelse under processerne. Emnet er kun sparsomt belyst i litteraturen, men bør kortlægges systematisk, hvis vådoxidation en dag skal kunne betragtes som en mulig rensemethode af forurenede jord.

Resultater: Undersøgelserne omfatter nedbrydningen af myresyre, eddikesyre, propionsyre, smørsyre samt isosmørsyre (den først forgrenede syre i rækken). Forsøgene udføres ved 260°C, 20 bar O₂, og der udtages prøver til forskellige tider.

Det er en almindelig opfattelse, at mere komplekse stoffer som phenol og chlorphenol ender som myresyre, acetaldehyd og eddikesyre. Vores opfattelse var imidlertid, at myresyre er ustabil under ovennævnte betingelser. Dette gav anledning til at undersøge myresyre nærmere. Resultatet fremgår af figur 6.3.1 på næste side, som viser nedbrydningen af myresyre ved forskellige pH værdier (hhv. myresyre og formiat). I begge tilfælde ses, at myresyre nedbrydes kraftigt, dog bedst ved lavt pH.

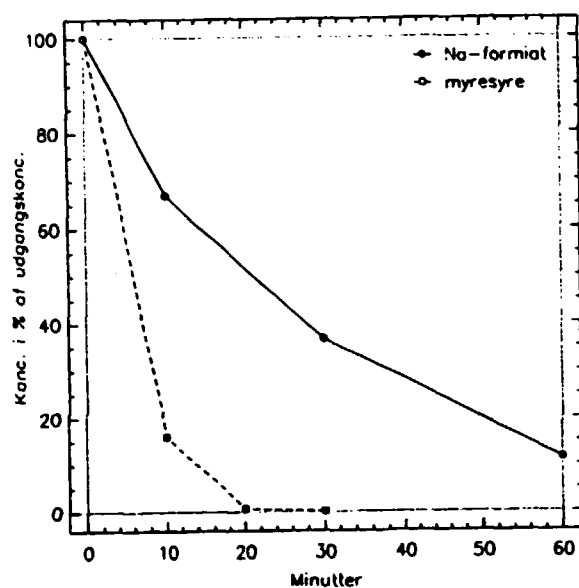


Fig. 6.3.1. Nedbrydning af myresyre og Na-formiat

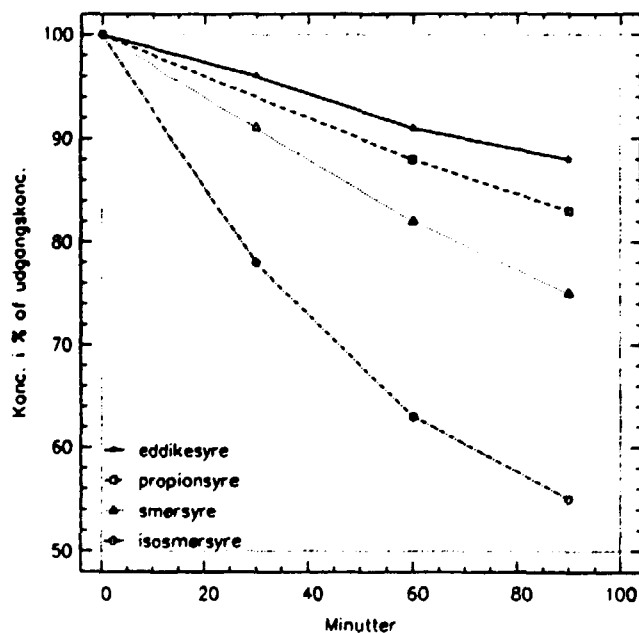


Fig. 6.3.2. Nedbrydning af lavmolekylære fede syrer

Fig. 6.3.2 viser de øvrige syrers nedbrydning. Disse syrer viser langt større stabilitet over for iltende betingelser, men stabiliteten ses at aftage med stigende antal kulstofatomer. Det fremgår også, at isosmørsyre omsættes langt hurtigere end smørsyre, hvilket tilskrives den forgrenede struktur.

FORSKNINGSPROGRAM NR. 8: ENERGILAGRING

8.1. Udvikling af keramiske superledere (EM j.nr. 1443/88-8/)

Opdagelsen af de nye keramiske højtemperatursuperledere i slutningen af 1986 har skabt store forventninger til en række teknologiske anvendelser. Superledning ved flydende kvælstofs temperatur (77K, -196°C) er nu mulig, og i hele verden arbejdes der hektisk med fremstilling af nye materialer med endnu højere overgangstemperaturer (dvs. den maksimale temperatur, hvor materialet har superledende egenskaber). Sideløbende hermed udføres et omfattende arbejde med at gøre materialerne teknologisk anvendelige. En lang række problemer udestår og vil formodentlig kræve flere års udviklingsarbejde. Ligeledes forestår en lang række grundlæggende undersøgelser, før baggrunden for højtemperatur superledning i keramiske materialer er forstået.

En vigtig del af Risøs arbejde med disse materialer har været centreret omkring det nye pulverneutroddiffraktometer (ref. 8.1.1. og figur 8.1.1), som er udviklet specielt med henblik på studier af højtemperatur keramiske superledere.

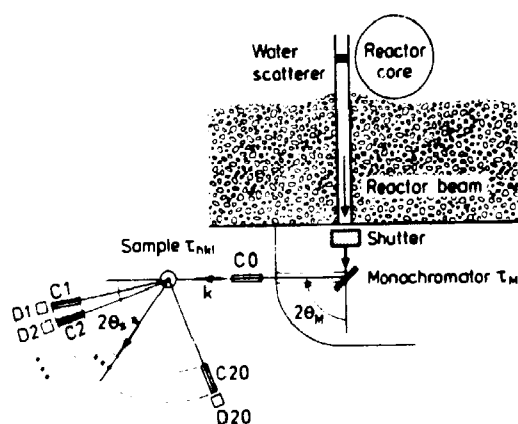


Fig. 8.1.1 Principskitse af multi-detektor pulverdiffraktometret på DR 3, Risø. 20 detektorer D1 ... D20 med kollimatorer C1 ... C20 dækker et vinkelområde på 100° , således at en måling over 5° giver et komplet pulverdiffraktogram. CO definerer kollimeringen af de indkomende neutroner.

Diffraktometret er forsynet med en nyudviklet type kollimator, der giver god opløsningsevne og høj transmissionsevne. Det har 20 detektorer, hvilket betyder, at måletiden tilsvarende bliver 20 gange kortere end på standard spektrometre. Herved har det blandt andet vist sig muligt at studere tidsforløbet i faststofprocesser under fremstilling og iltning/reduktion af superlederen $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (ref. 8.1.2). Disse undersøgelser er af betydning både for forståelsen af de optimale betingelser for fremstilling af materialerne og for studiet af deres grundlæggende egenskaber. Et resultat af undersøgelserne er gengivet i fig. 8.1.2, som viser, hvorledes den keramiske superleder $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ optræder med to strukturelle faser under iltningsforløbet fra fuldt reduceret ikke-superledende $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ med tetragonal struktur til iltet superledende $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ med orthorhombisk struktur.

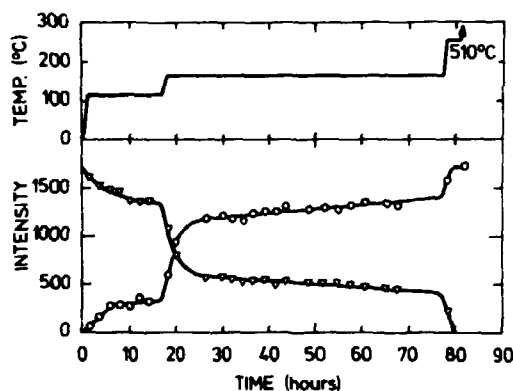


Fig. 8.1.2. Tidsudviklingen i transformationen fra ikke superledende tetragonal fase $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ til superledende orthorhombisk fase $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ under opvarmning i ren ilt. "▽" giver intensiteten af den tetragonale 200-diffraktionstop, "○" er summen af intensiteter fra de orthorhombiske (020)- og (200)- diffraktionstoppe. Den øverste del af figuren giver temperaturforløbet under målingerne.

Kurverne viser intensiteten af karakteristiske diffraktionstoppe fra de to faser, når materialet opvarmes i en atmosfære af ren ilt. Resultaterne er bemærkelsesværdige ved, at iltningsproces-

sen foregår ved relativ lav temperatur, og at processen øjensynligt ikke forløber til ende, med mindre temperaturen hæves til over 250°C. Blandt det øvrige arbejde skal nævnes indledende undersøgelser af strukturen af de magnetiske feltlinier, som trænger ind i superlederen, når feltstyrken overstiger en kritisk værdi. De superledende egenskaber bibeholdes, men ved passage af en elektrisk strøm kan feltlinierne bevæge sig og give anledning til elektriske tab. Der er også foretaget undersøgelser af de strukturelle ændringer af superledere som følge af bestråling med hurtige neutroner (ref. 8.1.3). Formålet med bestrålingen har været at fastholde de magnetiske feltlinier til det krystallinske gitter for derved at hindre det elektriske tab. Endelig skal omtales forsøg med at ensrette krystalkorne i superlederkeramikken. Herved vil en række grundlæggende undersøgelser, blandt andet af de magnetiske feltliniers struktur, blive mulige, og der er håb om, at en række af de vanskeligheder, der er forbundet med teknologiske anvendelser af superlederkeramik, kan reduceres.

8.2. Udvikling af materialer til brændselsceller med iltionledende faststofelektrolytter. (EM j.nr. 1443/86-6, EM j.nr. 1143/87-10, EM j.nr. 1443/88-7)

Metallurgiaafdelingen udfører dette projekt, hvis hovedformål er at opbygge og afprøve iltionlederbaserede brændselsceller i laboratoriestørrelse. Herved opnås de første danske erfaringer med:

1. Nye keramiske fremstillingsmetoder for monolitiske cellestrukturer.
2. Langtidsstabilitet af nye elektrokeramiske materialer.
3. Viden om drift og design af højtemperaturbrændselsceller (SOFC - Solid Oxide Fuel Cell).

Denne brændselscelle har som fordel over for de andre typer brændselsceller, at den har høj virkningsgrad og formodentlig ikke kræver en ekstern reformerdel til omdannelse af naturgas til hydrogen.

Der er i 1988 arbejdet inden for 3 delprojekter:

1. Keramiske anode- og katodematerialer.

Lanthan-strontium-coboltoxider og manganoxider er blevet fremstillet og undersøgt med hensyn til fasefordeling, struktur og elektrisk ledningsevne op til 1000°C i luft. Der er konstateret meget høje ledningsevner. Sådanne materialer påtænkes anvendt som iltelektrodematerialer i brændselsceller. Yttrium-dopet zirconiumoxid er anvendt som elektrolytmateriale; men der er ved iblanding af andre sjældne jordart oxider fremstillet materialer, der både har elektron- og iltionledningsevne. Disse er med held anvendt som keramiske elektrodematerialer (se nedenfor).

2. Elektrokemisk undersøgelse af hydrogen- og methanomdannelse i brændselsceller med oxid-anoder.

Hydrogen og methan er begge med held omsat elektrokemisk i små brændselsceller. Oxidationen er undersøgt ved temperaturer mellem 700 og 1000°C. Der er opnået strømtætheder op mod 100 mA/cm² (ved ikke for høje overspændinger) - disse observationer er særdeles positive og lader formode, at naturgas også vil kunne tilføres direkte til oxidbrændselsceller.

3. Nye fremstillingsmetoder for elektrokeramik.

Der er udviklet facilitet til isostatisk presning af keramikemner op til et tryk på 4000 bar. Dette har muliggjort fremstilling af komplicerede faconer af zirconiumoxidkeramik til de elektrokinetiske målinger. En manuel maskine til tapecasting (båndstøbning) er lavet og anvendt. Sideløbende hermed er en semi-automatisk tapecastingmaskine blevet designet og bygget i samarbejde med Konstruktionsafdelingen, Elektronikafdelingen og Risø Værksted .

8.3. Tyndfilmelektroder. (EM j.nr. 1443/87-9)

Projektets formål er at fremstille og karakterisere tynde film (mindre end 20 mikron) af faste elektrodematerialer. Målet er at opnå indsigt i de fundamentale processer og strukturer, som kan være bestemmende for overførslen af ioner mellem forskellige faser og for forløbet af elektrodereaktionen.

Ved at anvende tynde elektroder bliver ionledningsevnen af kato-dematerialet ikke længere en begrænsende faktor og iblanding af elektrolyt i katoden derfor unødvendig. Derved opnås en enklere celleopbygning, som muliggør en lettere tolkning af hvilke materialeparametre, der er de væsentlige.

Som elektrodematerialer anvendes forbindelser, som vides at fungere reversibelt. I 1988 er der arbejdet med blyoxider og vanadiumoxider. Den store viden, der allerede findes om disse forbindelser, vil gøre det muligt at foretage en sammenligning af struktur og egenskaber af de tynde film med bulkeegenskaber.

Projektet er et samarbejdsprojekt mellem Metallurgiaafdelingen, Risø, og de to DTH-institutter: Fysisk-Kemisk Institut og Fysisk Laboratorium III. Tyndfilmelektroder fremstilles ved RF-sputtering på Risø og karakteriseres ved røntgendiffraktion, SEM, Edax m.v. før levering til DTH. Her foretages karakterisering af materialernes egenskaber i batterisammenhæng.

Blyoxid film er lavet ved sputtering fra et bly-metal target i en 100% oxygen atmosfære. 1-5 mikrometer PbO_x -lag er lagt på følgende substratmaterialer: Bly-metal, bly-film (1 mikrometer på objektglas), indium-tin-oxid (på glas). Røntgendiffraktionsmønstret viser tilstedeværelsen af understøkiometrisk PbO_2 (ca. $PbO_{1,57}$).

Vanadiumoxid film er lavet ved sputtering fra et Risø-fremstillet V_2O_5 -target (en 100 mm^Ø skive lavet ved varmpresning). Der er foretaget undersøgelser af oxygenstøkiometriens afhængighed af Ar/O_2 forholdet under sputterprocessen. Der er i alle til-

fælde (100% Ar, 90, 80% Ar og ren O₂) tale om en meget lav deponeringsrate (under 1 Å/sek). De fremstillede film (1-5 mikrometer tykke) er leveret til DTH på 20 mikrometer tyk Ni-folie, hvilket har lettet afprøvningen af vanadiumoxiderne i små Li-batterier.

Den endelige kemiske og strukturelle karakterisering af VO_x materialerne er stadig i gang.

8.4. Tynde faststofelektrolytter på reaktive anoder

(EM j.nr. 1443/86-1 og 1443/87-1)

Hensigten med projektet er at skaffe tilstrækkelig viden til at kunne forudsige og styre egenskaberne af tynde fastelektrolyt-lag. Her tænkes specielt på de reaktionslag, som dannes, når reaktive metaller bringes i kontakt med væsker, der egner sig som flydende katoder i genopladelige batterier med høj energitæthed.

Elektrolytten i et sådant batteri er det tynde lag af faststofelektrolyt, som dannes på metallet, når det dyppes i katolytten (den væskeformige katode).

Lithium-thionylchlorid (SOCl₂) er et allerede eksisterende kommercielt system af nævnte type. Det har den højeste energi- og effekttæthed, opnået med "stue-temperatur-batterier", indtil nu. Dette batteri er dog ikke genopladeligt, selv om Li-elektroden er reversibel i SOCl₂.

Vedrørende baggrunden for projektet og tidligere opnåede resultater henvises i øvrigt til en oversigtsartikel, som bragtes i sidste års udgave af denne statusrapport (Risø-M-2701).

I 1988 har der været arbejdet med tre aspekter af problemstillingen.

For det første er studierne af lithiumchloridfilmdannelsen på lithiummetal i thionylchlorid blevet videreført. Metoderne har været impedansspektroskopi og scanningelektronmikroskopi.

Resultaterne heraf har været at bekræfte og føje detaljer til den model for LiCl-filmdannelse, som blev udviklet i 1986 og 1987 på grundlag af forsøgsresultaterne i disse år. (Se Risø-M-2701).

For det andet er der gennemført en forsøgsrække med udfældning af LiCl og lithiummetal på nikkelelektroder og rustfrie stål-elektroder i sulforylchlorid. Hensigten hermed er at skaffe viden til at forbedre genopladeligheden af Li-SO₂Cl₂-systemet. At udfælde Li-metal elektrokemisk på nikkel svarer til at starte en opladning af et fuldt udladet Li-batteri. Metoderne, som har været anvendt, er cyklisk voltametri, impedansspektroskopi, scanningelektronmikroskopi og røtgendiffraktometri. Et af resultaterne har været en konstatering af, at nikkel er et bedre substrat for Li-udfældning end rustfrit stål.

For det tredje har der i første halvår af 1988 været gennemført en betydelig arbejdsindsats for at fremstille tætte, tynde lag af LiCl og LiF ved RF-sputtering. Trods anstrengelserne lykkedes det fortsat ikke at fremstille tætte film, som kunne anvendes som sammenligningsgrundlag for filmegenskaberne af de elektrokemisk dannede film. Det er nu besluttet at opgive videre forsøg på RF-sputtering af disse film, idet der er af-dækket så mange problemer heved, at chancerne for at få det til at lykkes med de til rådighed værende ressourcer skønnes at være minimale.

I øvrigt henvises til referencelisten 8.4.1.

8.5. Lithiumakkumulator. (EM j.nr. 1443/88-2)

Projektets formål er at videreudvikle en lithiumakkumulator baseret på Li-LiAlCl₄-SO₂-systemet, hvis energitæthed er ca. 5 gange blyakkumulatorens. Effekttætheden er også god, men er begrænset af følgende sikkerhedsproblem: Cellen tåler på det nuværende udviklingstrin ikke at blive for varm, efter at den har været af- og opladt nogle gange. Dette skyldes, at lithiumet udfældes som tynde tråde, der i stor forstørrelse ligner sammenfiltret garn.

Når sådant porøst Li opvarmes sammen med $\text{LiAlCl}_4\text{-SO}_2$, startes en kemisk reaktion, som næsten momentant udløser batteriets energi. Dette kan forhindres, hvis man kan få lithiumet til at fælde ud i mere kompakt form, idet reaktionen ikke sker med kompakt Li i en frisk fremstillet celle.

Arbejdshypotesen er, at den porøse udfældning af Li skyldes egenskaber ved den faststofelektrolytfilm af LiCl , som dækker lithiumet i den flydende katode. Det antages derfor, at man ved at modificere faststofelektrolytten gennem tilsætninger til den flydende katode også kan modificere morfologien af det udfældede lithium. Indledningsvis blev en metode udviklet til at fremstille den flydende katode af $\text{LiAlCl}_4\cdot 3\text{SO}_2$ ud fra de faste salte LiCl og AlCl_3 samt gasformig SO_2 .

I øvrigt har forsøgsarbejdet i projektets første år gået ud på at karakterisere dels faststofelektrolytten, som spontant dannes på Li-elektroder i $\text{LiAlCl}_4\text{-SO}_2$, dels den faststofelektrolyt, som dannes på nikkelelektroder polariseret til 0 mV og Li/LiCl . Videre er der foretaget udfældning af Li på nikkel og på rustfrit stål.

Metoderne, der er anvendt, har været chronoamperometri, cyklisk voltametri, impedansspektroskopi, scanningelektronmikroskopi, energidispersiv røntgenanalyse og røntgendiffraktometri. Der ved er der tilvejebragt referencedata for elektroder i den rene katode som udgangspunkt for vurdering af resultatet af de kommende forsøg med tilsætningsstoffer.

Forsøgene med udfældning af Li på Ni og rustfrit stål viste, at Ni er et bedre substrat for udfældning af Li end rustfrit stål i den forstand, at Li-udfældningerne er jævner, men dog ikke kompakte.

8.6. Hydridbatteri. (EM j.nr. 1443/85-6, 1443/87-8)

Formålet med projektet har været at undersøge mulighederne for at udvikle et hydridbatteri med et metalhydrid som energilager og en palladiummembran (eller palladiumlegering) som anode. Karakteristika for den legering ($\text{LaNi}_{4.7}\text{Al}_{0.3}$), der tænkes anvendt som hydrogenforsyning i et hydridbatteri, er blevet fastlagt ved trykfaldsmålinger og ved gravimetri i mikrovægt. Yderligere er der opnået resultater for hydrogenoptagelse i forskellige palladiumfolier. De undersøgte palladiummaterialer er følgende: Varmebehandlede og ikke-varmebehandlede nedvalsedede folier, samt varmebehandlede og ikke-varmebehandlede sputterede emner. Resultaterne har vist, at der er store forskelle på såvel optagelseshastighed som på den totale optagelseskapacitet. Sputteret palladium optager hydrogen væsentligt langsommere og i mindre mængde end udglødet, nedvalset palladium. De målte forskelle antages at hænge sammen med materialernes defektstrukturer, som dog ikke er blevet karakteriseret i projektet.

Tidligere eksperimenter har vist, at i det samlede batteri er det nødvendigt med en temmelig stor polarisering for at opnå en tilstrækkelig stor strømtæthed fra de nævnte palladiummaterialer.

8.7. Lagring af industriel hydrogen. (Em j.nr. 1443/86-8, EM j.nr. 1443/85-11)

Formålet med projektet har været at identificere effekten af urenhedsgasser i hydrogen, der ønskes lagret i magnesium i form af magnesiumhydrid. Projektets eksperimentelle del blev afsluttet med udgangen af 1988. De undersøgte urenhedsgasser har været en række af de i industrielt fremstillet hydrogen mest forekommende urenheder. Den langt overvejende del af industriel hydrogenproduktion sker ud fra naturgas med efterfølgende rensning ved pressure swing adsorption. De undersøgte urenhedsgasser har derfor været H_2O , O_2 , N_2 , CO_2 og CO , som alle på forhånd har en betydelig kemisk affinitet til rene magnesium-

overflader og derfor kunne forventes at reagere og dermed påvirke lagringsreaktionen mellem hydrogen og magnesium.

Til trods for væsentlige forskelle i de forventelige kemiske virkninger af de nævnte urenhedsgasser er der iagttaget temmeligt ensartede følger af deres tilstedeværelse i hydrogen i koncentrationer på 0.5%. Hovedeffekten var i alle tilfælde en betragteligt nedsat reaktionshastighed. Specielt de to kulstofoxider havde stærkt nedsat reaktionshastighed til følge. Ved efterfølgende desorption kunne der imidlertid konstateres forskelle i gassernes virkningsmønster. Oxygen, vand og kulmonoxid havde blivende effekt, der kunne iagttages som en vægtforøgelse efter hver cycle, mens de øvrige havde en mere indirekte virkning gennem den såkaldte blanketing-effekt, hvor urenhedsmolekylerne forårsager en sterisk blokering af metaloverfladen og derved forhindrer hydrogenet i at reagere.

Konklusionen af de udførte eksperimenter er, at industriel hydrogen kan lagres i magnesium, men at det forudsætter yderligere et rensningstrin inden lagringsprocessen udover den normale rensning.

8.8. Varmelagring i grundvandsreservoir. (EM j.nr. 1443/85-9)

Hørsholm Varmelager består af 4 periferiboringer og i dag 2 centerboringer. Lagret er udformet som en cirkel med de 4 periferiboringer beliggende på en diameter på 80 m, se fig. 8.8.1. Grundvandet pumpes op fra periferiboringerne, opvarmes til 100°C i varmevekslerne og injiceres i centerboringen. Når temperaturfronten når randboringerne, er lageret fyldt. Ved afladning reverseres flowretningen. Lageret gennemgik i 1987 en interessant cyklus, idet der for første gang i projektets levetid blev leveret en større mængde varme tilbage til fjernvarmesystemet. Under tilbageleveringen opstod der kemiske problemer som følge af grundvandsopvarmningen, idet der skete en jernudfældning i varmevekslerne. Disse erfaringer er af stor generel betydning for højtemperaturgrundvandsvarmelagring og er endnu ikke set på

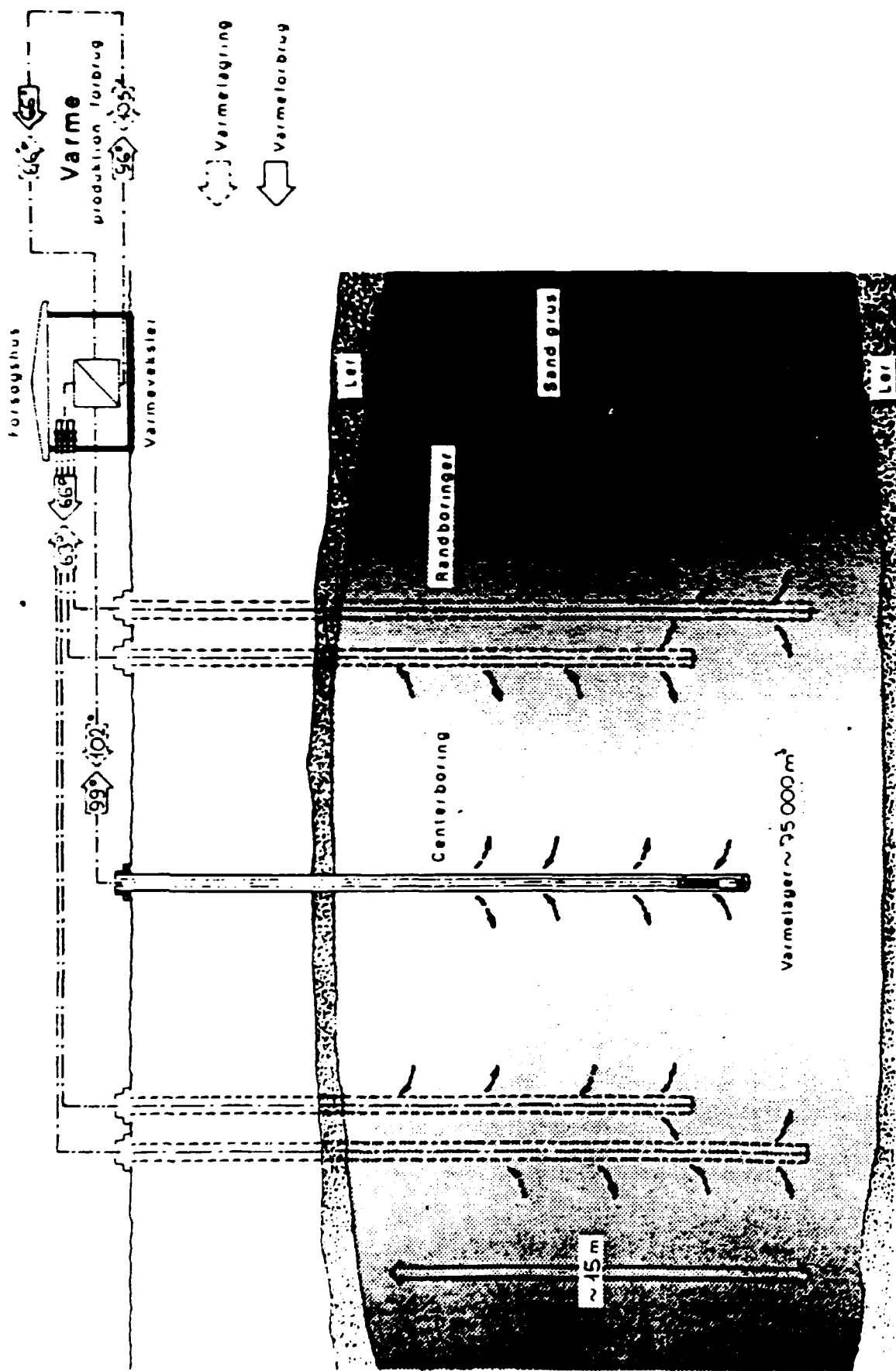


Fig. 8.8.1. Hørsholm varmelager

internationalt plan. Hvis problemerne ikke kan løses, er højtemperaturvarmelagring (mere end 60°C) sandsynligvis ikke mulig i grundvandsreservoirer. Der har derfor været stor interesse for at videreføre projektet, specielt med henblik på opbygning og afprøvning af et system, der kan løse udfældningsproblemerne. Det har imidlertid ikke været muligt at opnå bevilling til videreførelse af projektet, og anlægget blev derfor nedlagt i efteråret 1988.

Der er udgivet en rapport om opbygning af anlægget, se ref. 8.8.1. Endnu en rapport om drift og erfaringer med anlægget er under udarbejdelse.

8.9. Elektromagnetisk svinghjulslager. (EM.j.nr. 1443/86-9)

Der er udviklet en ny stærkt forbedret type svinghjul til f.eks. at udnytte bremseenergien i en bus til efterfølgende start af bussen uden brug af motor.

Det bedste af de hidtil kendte svinghjul på dette felt er udviklet af BP til deres enhed KESS. Sådanne mobile svinghjul består normalt af krans og nav i fiberforstærket komposit limet til en aksel af stål eller metal. De påvirkes af mange forskellige kræfter, herunder gyrokræfter, der giver store påvirkninger på limsamlingerne, der ligger på cirka 80mm diameter. Det har derfor været nødvendigt at anvende kraftige og komplicerede 4-dobbelte nav med i alt 8 limsamlinger.

Vi har lavet et helt nyt svinghjul af en ganske enkelt konstruktion med kun een limsamling, der alene påvirkes af forskydnings-spændinger og ligger på 200mm diameter, hvor disse spændinger for samme bredde af samlingen er reduceret med en faktor $(80/200)^2 = 0,16$.

Denne konstruktion bliver bl.a. derfor langt stærkere, således at den kan køre med et højere omdrejningstal, og da den samtidig har en bedre vægtfordeling, kan den oplagre 85% mere ener-

gi og afgive dobbelt så stor effekt, selv om svinghjulet har 10% mindre vægt og samme ydre dimensioner, som det ovenfor nævnte.

Gyrokrafterne optages i det nye svinghjul som rent træk og tryk i den bærende akselkonstruktion, der derved bliver meget let; den vejer mindre end 4 kg, og det bidrager til den gode vægtfordeling. I limsamlingen giver gyrokrafterne kun forskydnings-spændinger, hvilket også er en stor fordel.

Den nye konstruktion er også langt stærkere over for de accelerationskræfter, der kan opstå ved en kollision. Mens eksisterende svinghjul er dimensioneret for 6,6 G i aksial retning, så klarer det nye svinghjul 100 G i alle retninger.

Der er angivet en metode til beregning af kransen for centrifugalkræfter og temperaturspændinger, hvor der tages hensyn til, at E-modul og kontraktionsfaktor kan have forskellige størrelser i radial og tangential retning, og at de kan variere med radius. Der er endvidere skitseret en metode til beregning for varierende trådspændinger under viklingen. Det sidste skal støttes af praktiske erfaringer.

Det sikres, at letmetal og krans i sammenlimningen har samme aksiale temperaturudvidelse og kontraktionsfaktor, og at der er trykspænding i limfugen under drift.

FORSKNINGSOMRÅDE NR. 9: INTERNATIONALT SAMARBEJDE

9.1. Fusion. (EM j.nr. 1343/86-1, EM j.nr. 1343/87-1,
EM j.nr. 1343/88-1)

Fysikafdelingens plasmafysiksektion varetager opgaver, som spænder fra grundlæggende plasmafysik til fusionsrelateret forskning og udvikling. Aktiviteterne er en del af det fælles europæiske fusionsprogram, som koordineres af EURATOM og omfatter

dels associeringsaftaler med de nationale laboratorier, dels det fælleseuropæiske forsøgsanlæg JET. Arbejdet vurderes løbende af internationale komitéer. 1988-programmet har omfattet følgende arbejdsområder:

1. Grundlæggende plasmafysiske undersøgelser med relevans for fusionsforskning. Dette arbejde omfatter eksperimentelle undersøgelser, teoretiske studier og beregninger på store computerfaciliteter. Arbejdet koncentrerer sig om turbulens og turbulent diffusion i plasmaer, der er holdt indesluttet i magnetfelter, samt om elektromagnetiske bølgers vekselvirkning med plasmaer.
2. Undersøgelser af vekselvirkningen mellem piller af fusionsbrændstof (deuterium) og plasmaer, som i det væsentlige er et teoretisk arbejde, hvor man prøver at lave modeller for vekselvirkningen og verificere disse modeller ved sammenligning med resultater, der er opnået i de store tokamak eksperimenter inden for det europæiske fusionsprogram.
3. Udvikling af hurtige pilleinjektorer for JET. JET er interesseret i at injicere deuteriumpiller i et plasma med hastigheder omkring eller over 5 km/s. På Risø har man arbejdet med at opnå store pillehastigheder ved at accelerere pillerne i et løb ved hjælp af et gastryk, der dannes ved en gnistudladning bag pillerne. I 1988 har Risøgruppen desuden deltaget med en to-trins injektor på JET.
4. Deltagelse i forskningsprogrammet ved JET, hvor Risøgruppen har været med til at løse forskellige andre specialopgaver for JET. Medlemmer af gruppen har i den forbindelse opholdt sig ved JET i kortere tidsrum.
5. Udvikling af flerskudspille-injektorer for det fælleseuropæiske fusionsprogram. Risøgruppen har påtaget sig en delvis betalt designopgave for to italienske fusionslaboratorier i henholdsvis Frascati og i Rom, hvor Risø skal konstruere en prototype med 8 piller. Arbejdet hermed er

påbegyndt medio 1988 og skal være afsluttet ultimo 1989. Risø skal derefter give tilbud til de italienske laboratorier på fremstilling af nøglefærdige injektorsystemer. Flere andre europæiske laboratorier har også udtrykt interesse for Risøs injektorsystemer.

6. Overfladefysik. Studierne af erosion af kondenserede gasser er fortsat, idet hovedvægten er lagt på studiet af luminescens fra elektronbestrålet fast deuterium og erosion af fast deuterium med energirige ioner eller elektroner. Interessante resultater vedrørende lysudsendelsen er opnået.

9.2. Forskning i luftbåren forurening. (EM j.nr. 104-4)

Planlægningsrådet for Forskningen (PRF) udførte i 1986 et kortlægningsarbejde, der blev udgivet med titlen: "Miljø og Luftbåren Forurening". Der var i denne forbindelse lagt op til at give en prioritering af den fremtidige forskning og til at stille forslag om en bedre organisering af den måde, forskningsmidlerne uddeles på. Med hensyn til det sidste er denne proces endnu ikke afsluttet, jvf. den igangværende internationale evaluering af dansk miljøforskning.

I forbindelse med det daværende projekt blev der afholdt en række seminardage (3) på Risø, hvor grupper og enkeltpersoner med forskning inden for luftforurening havde lejlighed til at fremføre og diskutere deres arbejde og gøre sig mere fortrolige med andres aktiviteter. Fra forskellig side, bl.a. fra Forskningsrådenes Udvalg for Miljø og Omgivelsesforskning (FUMO), har der været udtrykt interesse for, at der igen blev arrangeret en sådan seminarække, dels på grund af det værdifulde i, at forskningsgrupperne kan få lejlighed til at give en gensidig orientering på tværs af snævre faggrænser, dels for at yngre medarbejdere (lic. studerende o.a.) kan få lejlighed til at lære "miljøet" at kende.

Derfor blev der 16-17 november 1988 afholdt et 2-dages forskerseminar på Risø. At dømme efter deltagerantallet (52) og efter antallet af foredrag (28) var der stor interesse for arrangementet. Titlerne dækkede et bredt aspekt af emner inden for:

- Luftforureningsmålinger og receptormodellering.
- Atmosfærekemi.
- Luftforureningsspredning.
- Deposition.
- Effekter, økologiske aspekter.

En "proceeding", der indeholder program for mødet, abstracts for de enkelte indlæg samt en deltagerliste, kan fås ved henvendelse til Niels Otto Jensen, Meteorologi- og Vindenergiafdelingen, Risø.

På mødet var der endvidere afsat tid til at diskutere aktuelle emner, som f.eks. miljøforskningsevalueringen, det nye EF-miljøforskningsprogram, samt hvordan situationen er med hensyn til miljøforskningsfonds generelt. Der blev afslutningsvis udtrykt ønske om gentagelse af denne seminarrække.

FORSKNINGSOMRÅDE 10: UDREDNINGER OG DOKUMENTATION M.V.

10.1. Vindmølleøkonomi. (EM j.nr. 1364/88-10)

Økonomien i vindmøller har været debatteret i flere år, og specielt fremkomsten af større serie-producerede møller har i de senere år ført til, at vindproduceret elektricitet er tæt på at kunne konkurrere med el, fremstillet på konventionelle kraftværker, jvf. Risø-rapporten nævnt under ref. 10.1.

Formålet med indeværende projekt er at fremskaffe reelle oplysninger om omkostninger til investering, fundament, nettilslutning, drift og vedligehold, herunder forsikring m.v., ved etablering af en vindmølle - mange oplysninger som hidtil er

blevet anslået i beregningerne og ikke har været kendt i detaljer. Derfor har projektet været koncentreret om en spørgeskemaundersøgelse til afklaring af disse forhold. I alt er der udsendt lidt over 800 spørgeskemaer, og heraf har ca. 300 svaret. Til at holde styr på de omfattende besvarelser (spørgeskemaet er på 8 sider) er der oprettet en database i SAS-systemet, og herpå er en række analyser blevet foretaget. På grund af manglende homogenitet i besvarelserne har det i et vist omfang været nødvendigt at supplere/justere de indkomne oplysninger. Materialet har - ikke uventet - vist sig at være mest fyldestgørende for mellemstørrelses-møllerne (55, 75 og 95 kW), mens repræsentativiteten er knapt så god for større og mindre møller. Tilbage i projektet står slutvurderingen af analyseresultaterne samt den afsluttende rapportering, der vil finde sted primo 1989.

10.2. Udvikling og implementering af teknisk/økonomiske modeller på offshore-området. (EM j.nr. 151/85-44)

Arbejdet i 1988 har været en fortsættelse af de foregående års arbejde på indfasningsmodellen SMOG (Sequencing Model for Oil and Gas fields). Modellen er udviklet i et tæt samarbejde med Chr. Michelsen Instituttet (CMI) i Bergen. SMOG skal på optimal vis (maksimum nuværdi) fastlægge starttidspunktet for en række felter, for hvilke bl.a. investerings- og produktionsprofiler er givet. Dette sker under overholdelse af en række begrænsninger f.eks. investeringsbegrænsning eller begrænsning på grund af transmissionssystemets kapacitet. Modellen indeholder endvidere en beskrivelse af alternative feltudbygninger samt sammenknytning af moderfelter og satellitfelter.

I 1988 har SMOG's brugergrænsesnit gennemgået en grundig test, ligesom der på VAX og Apollo er udført en afsluttende systemtest af det samlede program. Disse afprøvninger har givet anledning til korrektion af visse fejl og uhensigtsmæssigheder. Det endelige system er afleveret til Energistyrelsen og DOPAS i henholdsvis VAX og Apollo version.

Det her beskrevne EFP-projekt har givet anledning til udarbejdelse af rapporter, ref. 10.2.1. - 10.2.7.

10.3. Simuleringsmodel for kollektive kombinerede energisystemer. (EM j.nr. 151/87-15)

Systemmodellen SIKKE simulerer, med et valgt tidsskridt, samspillet mellem el- og varmeproduktion i et system bestående af flere enheder, f.eks. vindmøller, solvarmeanlæg, solceller, varmepumper og dieselgeneratorer. En driftsstrategi for hver enhed defineres som input til programmet. Man kan her i den nye model styre energiproduktionen enten til el-/fjernvarmenettet eller til et antal el-/varmelagre. Simuleringsmodellen SIKKE blev oprindeligt udviklet for Energistyrelsen i 1984, og for at de nye styringsmetoder skulle være mulige, måtte der foretages en større programændring: Til hver produktionsenhed kan der således nu tilknyttes et lager samt en prioritet, der angiver hvorvidt den producerede energi først skal leveres til nettet eller til lager.

Modellen blev testet på et antal produktionssystemer. Et af dem var et lille pumpekraftværk i Vang på Bornholm, hvor selvforsyningsgraden med hensyn til elektricitet blev beregnet for et lille forsyningsområde ved en simulering over et år med tidskridtet en time. To 95 kW-vindmøller leverede elektricitet til pumperne til vandlageret, når elbelastningen var lav. To forskellige lagerstørrelser blev beregnet.

Modellen blev også brugt til at simulere forskellige vind/dieselsystemer. Det var her nødvendigt at introducere en mulighed i driftsstrategien for at starte/stoppe en enhed i bestemte tidsintervaller i døgnet.

Endelig blev en simpel version af LOCUS-system simuleret. Anlægget bestod af en dieselgenerator, en varmepumpe, en vindmølle, et oliefyr samt to varmelagre.

En opdatering af modellen blev afsluttet i 1988, en standard FORTRAN-77 version kører nu på Risø VAX-8700 maskine. Arbejdet blev finansieret af Nordisk Ministerråd.

10.4. EDB-registrering af dansk litteratur og forskning

(EM j.nr. 151/85-25, EM j.nr. 151/86-22)

Med det overordnede formål at kunne opfylde den af Energiministeriet indgåede aftale om informationsudveksling har Risø Bibliotek fortsat den løbende indsamling, analyse og edb-registrering af dansk energilitteratur og danske energiforskningsprojekter. Ca. 1020 dokumenter er behandlet (rapporter, tidsskriftartikler, bøger, patenter m.m.). Der er endvidere registreret ca. 250 nye projekter og foretaget ajourføring af ca. 600 eksisterende projektregistreringer. Det er først og fremmest projekter med støtte fra Energiministeriet og Teknologirådet.

Registreringerne er indgået i en række databaser inden for energiområdet i overensstemmelse med retningslinier vedrørende emne/niveau for disse. De databaser, det drejer sig om, er: Energy Data Base (IEA-Energy Technology Data Exchange), Coal Data Bases (IEA), Nordisk Energi Indeks (de nordiske energibiblioteker) samt SESAME (EF).

Beskrivelserne af igangværende energiforskningsprojekter er endvidere indgået i Nordisk Ministerråds katalog over nordiske energiforskningsprojekter, hvis årlige udgivelse varetages af Risø Bibliotek.

Risø Bibliotek fungerer som rådgiver over for brugere af databasen SESAME, hvad angår indhold og søgeteknik. SESAME er markedsført gennem en artikel i "Nyt fra energiforskningen", hvor også baserne Nordisk Energi Indeks og Energy Data Base blev præsenteret. I slutningen af året er der udarbejdet en folder med oplysninger om Risø Biblioteks opgaver for Energiministeriet, om de databaser, som EM har udviklingsaftaler med, og om hvordan de kan bruges.

Risø Bibliotek repræsenterer Energiministeriet i Energy Technology Exchange Programmet under det Internationale Energiagentur (IEA). Opbygningen af ETDE Data Base er i fuld gang, og en række forslag fra ETDE Operating Agent om tekniske spørgsmål vedrørende informationsudveksling og opbygning af databasen er i løbet af 1988 blevet kommenteret. Risø Bibliotek har ved Birgit Pedersen deltaget i årets 2 møder i ETDE's eksekutiv komité.

Sammenfattende kan det siges, at registreringsprojektet

- medvirker til at udbrede kendskabet til dansk energiforskning i ind- og udland,
- sikrer, at Danmark kan indgå informationsaftaler med andre lande og derigennem få adgang til væsentlige informationssystemer inden for energiområdet, samt
- danner grundlag for dansk deltagelse i nordiske energiinformationsprojekter.

10.5. Præsentation af EFP-projektresultater på olie/gas området for olieselskaber og offshorevirksomheder.
(EM j.nr. 151/88-51)

Tilsagn om bevillingen på kr. 210.000 til sammenslutningen DAN-PRISE blev modtaget ultimo september 1988. Kort tid derefter påbegyndtes arbejdet med 2. udgave af hæftet "Petroleum Technology at Danish Research Institutes", hvortil en del af bevillingen skal anvendes.

2. udgaven er planlagt til at udkomme i begyndelsen af maj 1989 og vil blive brugt i forbindelse med kommende DAN-PRISE præsentationer for olieselskaber og offshorevirksomheder.

Medlemskredsen af DAN-PRISE består af følgende institutioner:

- Danmarks Geologiske Undersøgelse
- Forskningscenter Risø
- Danmarks Tekniske Højskole, Petroleum Teknologi Gruppen
- Københavns Universitet, Geologisk Centralinstitut
- Aarhus Universitet, Geologisk Institut
- Aalborg Universitetscenter, Offshore Komitéen
- Grønlands Geologiske Undersøgelse.

RESSOURCER

Den indsats, som i de foregående afsnit blev beskrevet som enkeltaktiviteter, involverer direkte medarbejdere i de fleste af Risøs afdelinger og anlæg. Mange projekter gennemføres ved medvirken fra flere afdelinger, hvorved Risøs muligheder for at gennemføre opgaver i en projektorienteret tværfaglig organisation udnyttes. De fleste projekter har udbytte af den tekniske og administrative service, der kan ydes f.eks. af centralværksted, tegnestue og regnemaskineanlæg.

Tabel 1.1 på side 79 indeholder oplysninger om de energiministerielle projektmidler, der er til rådighed for de forskellige aktiviteter, men ikke de midler, der tilføres projekterne af anden art, bl.a. Risøs egne bevillinger eller tilsagn fra EF og nordiske forskningsprogrammer. Det ses, at der foreligger bevillinger på i alt 220 mio kr. til og med EFP-88. De fleste af de energiministerielle projekter gennemføres som anvendelsesorienterede projekter, der viderefører den ekspertise, der er opbygget ved et mangeårigt forsknings- og udviklingsarbejde på Risø.

Fig. 1.1 viser de årlige energiministerielle midler, som bevilges totalt, samt den del, der bevilges til Risø. Fig. 1.2 giver regnskabsoplysninger om de forbrugte midler i perioden 1984-88. Det fremgår, at en ikke ubetydelig del af bevillingerne medgår til fremmede tjenesteydelser, dvs. kanaliseres gennem Risø til underleverandører. Det er samtidig anført, hvor stor en procentdel lønnen udgør af den samlede projektsum.

Som noget nyt har Energiministeriet fra 1986 accepteret begrebet "overhead". For EFP-86 er der tillagt et overhead på 13% af lønsummen, og for EFP-87 og fremover tillægges 30% af lønsummen. Denne overheadprocent udgør dog kun en mindre del af de samlede overhead-omkostninger. Til sammenligning kan nævnes, at Risø for kommercielle kontrakter beregner sig et overhead på 120%, excl. statsafgiften.

Endelig viser fig. 1.3, at antallet af Risøs løbende EFP-projekter har stabiliseret sig omkring et antal på ca. 60 gennem de sidste 5 år. Det gennemsnitlige forbrug pr. projekt pr. år er faldet fra 1.125 kkr. i 1981 til 302 kkr. i 1988.

Tabel 1.2 på side 80 giver en oversigt over Risøs repræsentation i forskningsudvalgene.

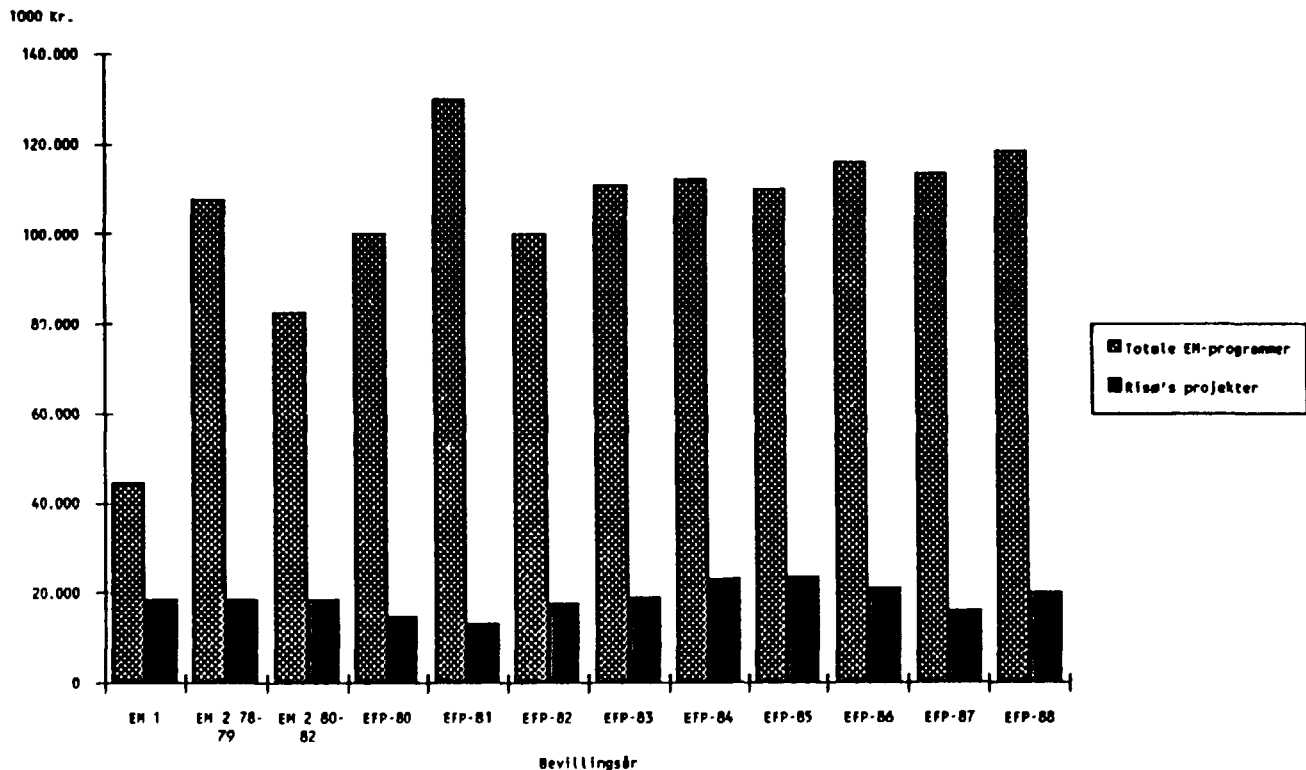


Fig. 1.1. Oversigt over de samlede årlige EFP-bevillinger samt Risøs andel.

1000 Kr.

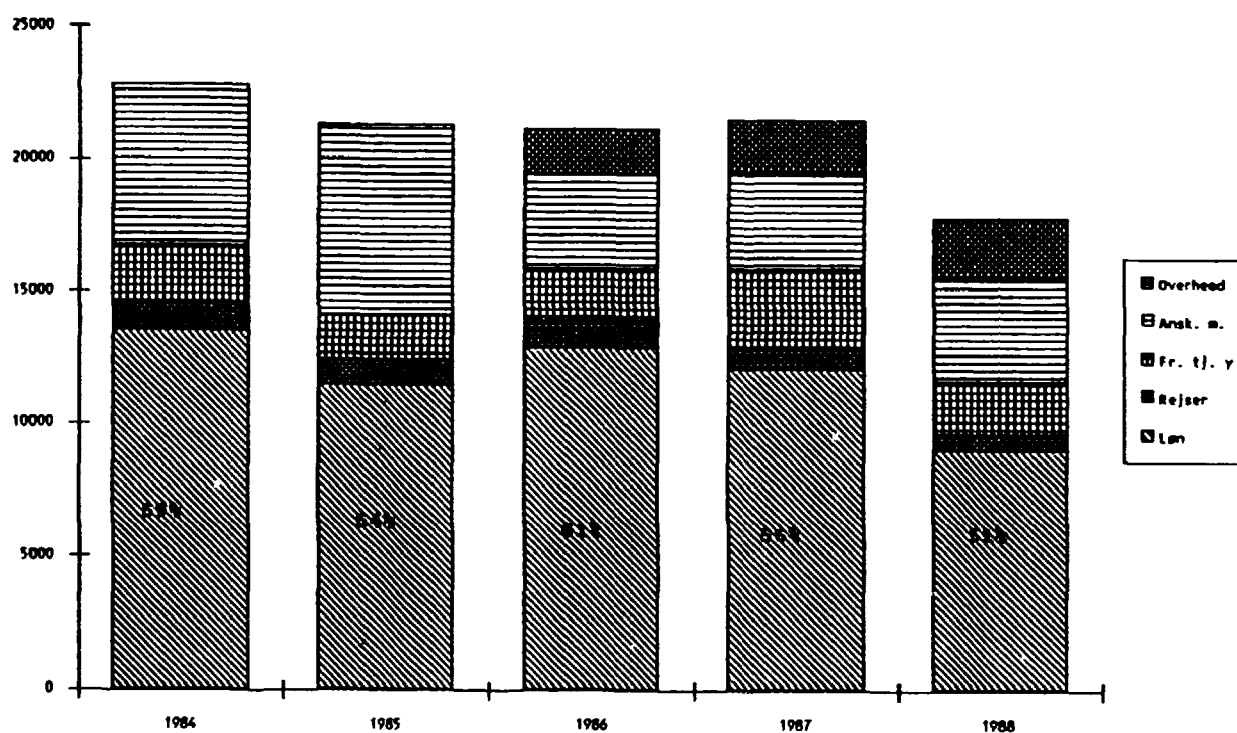


Fig. 1.2. Regnskabstal for perioden 1984-88. Procenttallene angiver lønandelen. Det bemærkes, at overhead-begrebet første gang blev indført i 1986.

1000 Kr.

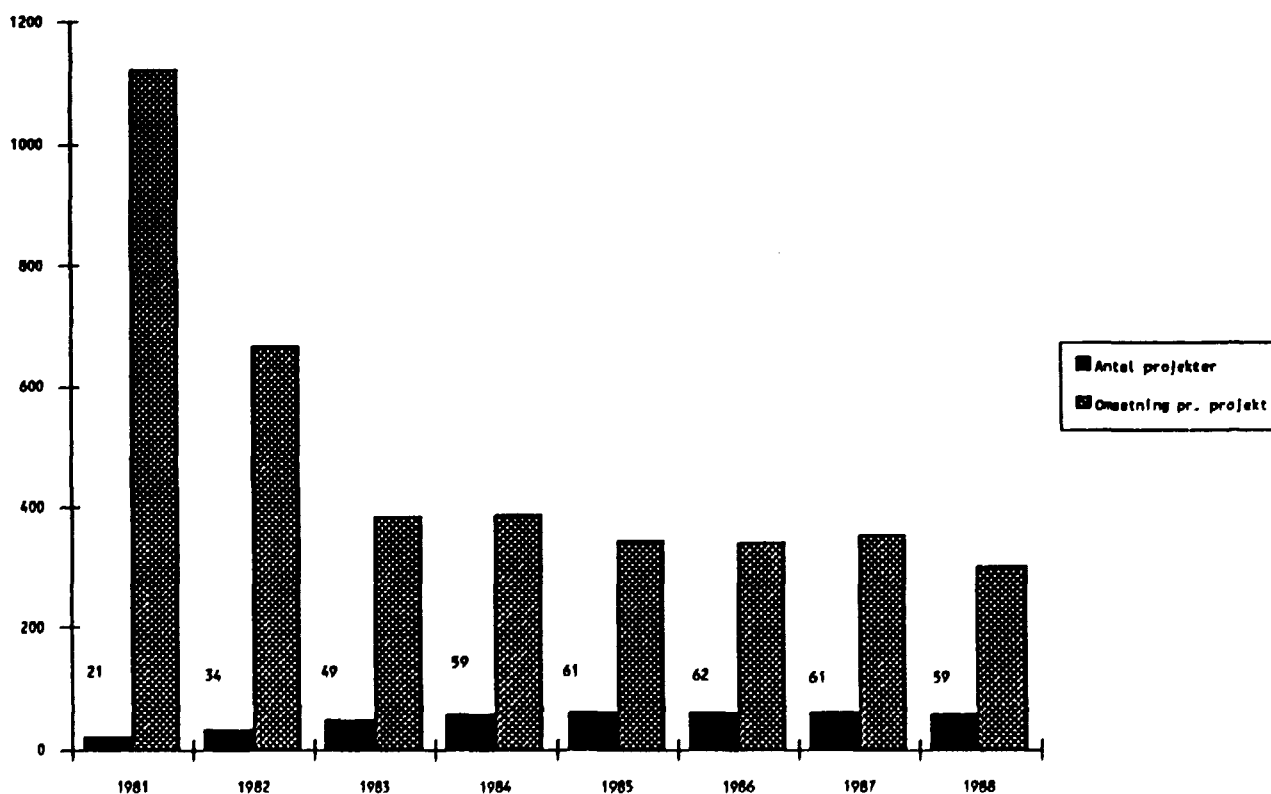


Fig. 1.3. Antal løbende EFP-projekter samt omsætning pr. projekt.

Område nr.	EM 1 + 2 EFP-80-85	EFP-86	EFP-87	EFP-88	Total
	kkkr.	kkkr.	kkkr.	kkkr.	kkkr.
2. Industrielle processer	3.445	3.165		540	7.150
3. Landbrug	1.625				1.625
1+5. Olie og gas	7.900	1.950	3.200	3.100	16.150
6. Kul	11.030	300	1.940	925	14.195
7. Uran	42.565				42.565
8. Fusion	23.310	4.000		5.400	32.710
4+10. Vindenergi	32.610	5.375	6.655	6.840	51.480
11. Biomasse	540				540
13. Varmepumper	2.000				2.000
14. Fyring og forbrænding	2.800	1.800		700	5.300
15. Energilagring	28.680	2.550	2.985	1.735	35.950
17. Internationalt samarbejde	4.657	200			4.857
18. Udredninger	1.574	1.551	1.197	1.020	5.342
<u>Total kkr.</u>	<u>162.736</u>	<u>20.891</u>	<u>15.977</u>	<u>20.260</u>	<u>219.864</u>

Tabel 1.1. Oversigt over fordelingen af den del af de energiministerielle forskningsprogrammer, der forvaltes af Risø. Beløbene angiver dog kun en del af de midler, der er til rådighed for projekterne, idet midler, der tilføres fra Risøs egne bevillinger, ikke er medregnet. I oversigten er ikke medtaget underleverancer fra Risø til de EFP-projekter, der forvaltes af andre institutioner. (Det må bemærkes, at det endnu et stykke tid vil være nødvendigt i denne oversigt at anvende den gamle "område-nr."-inddeling).

Tabel 2. Risøs repræsentation i EFP-forskningsudvalg

<u>Forskningsud- valg vedr.:</u>	<u>Risø repræsentant</u>	
1. Kulbrinter	Underdirektør Peter Stranddorf.	
2. Biomasse	Kontorchef Ib Skovgaard	Medlem af Risøs bestyrelse
3. El og varme	Afdelingsleder Bjarne Micheelsen	
4. Vindenergi	Afdelingsleder Erik Lundtang Petersen	
	Civilingeniør, lic.techn. Flemming Øster	
5. Energianvendelse i industrielle processer og pro- dukter	Civilingeniør Niels A. Kilde	
7. Transport	Civilingeniør Eivind Adolph	
8. Energilagring	Lic.scient Allan S. Pedersen	Sekretær i udvalget
	Afdelingsleder Niels Hansen	

REFERENCELISTE

- Indledning Risø-M-2362 - 2433 - 2514 - 2560 - 2628 - 2701.
- 1.4.1. Geokemiske kriterier for reservoirkvalitetsvariationer i Nordsøkalk. Risø-M-2628 og Risø-M-2701.
- 1.5.1. Hansen, K. (1988). Datering af bjergarternes afkøling - ved tælling af spor efter atomspaltninger. Naturens Verden 9: 331-337.
- 1.5.2. Hansen K. (1988). Fission track analyses of apatites from sediments from the Jameson Land area reveal and date low temperature events in the area. Abstract, 18. Nordiske Geologiske Vintermøde, København 1988, Danmarks Geologiske Undersøgelse, pp. 154.
- 1.5.3. Hansen K. (1988). Preliminary report of fission track studies in the Jameson Land basin, East Greenland. Grønlands Geologiske Undersøgelse. 140: 85-89.
- 1.11.1. Kaiser, N.E., Iversen Steffen. (1988) Risø-M-2960. - Large Scale Laboratory Tests of Interfacial Friction in Stratified Two-Phase Flow.
- 3.4.1. Rasmusen, N.B., Tørslev Jensen P., Hadvis S. Numerical Integration Method of Radiativ Exchange. Int. J. Heat Mass Transfer, (to be published).
- 3.4.2. Astrup P. PAFCA, PArticle Flow CALculations. Programbeskrivelse. Risø-M-2759, 1988.
- 3.4.3. Dall H. Characteristic Parameters of Gas-Particle Flow. Risø-M-2758, 1988.
- 3.5.1. Christiansen H. et al. (1989). Miljømæssige aspekter: EDB-model vedrørende miljøeffekter ved energiproduktion. Risø-M-2765.
- 3.5.2. Brodersen K. et al. (1986). ECCES. A model for calculation of environmental consequences from energy systems predicting ion concentrations and acidification effects in terrestrial ecosystems. Risø-M-2615.
- 3.7.1. Nielsen, T. (1984) Risø-M-2420, 133 pp. Karakterisering af polycyklisk organisk materiale (POM) i røggasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg i atmosfæren og undersøgelse af deres omdannelse i atmosfæren.

- 3.7.2. Nielsen, T., Klausen P., Palmgren Jensen F. (1986) *Analyt. Chem. Acta* 187, 223-231. Determination of basic azaarenes and polycyclic aromatic hydrocarbons in airborne particulate matter by gas chromatography.
- 3.7.3. Nielsen, T. (1986) Rapport, 42 s. Forskningscenter Risø. Bidrag fra biler til forekomsten af polycykliske aromatiske kulbrinter i atmosfæren.
- 4.1.1. Prøvestationens jubilæumsskrift. (1988).
- 6.2.1. Toft Sørensen, O., Bentzen J.J., Poulsen F.W.. (1988) Dansk Metallurgisk Selskabs Vintermøde, Karrebæksminde. Publisert af Dansk Metallurgisk Selskab. pp. 299-3118. Zirkoniumoxid forstærkede keramiske materialer: Fremstilling, egenskaber og anvendelser inden for energisektoren.
- 6.2.2. Toft Sørensen, O., Jensen H. (1988) Dansk Kemi, årgang 69, pp 68 - 72. Keramiske Iltsensorer.
- 8.1.1. Als-Nielsen, J., Andersen N.H., Broholm C., Clausen K.N., Lebech B. (1988) Risø-M-2720, pp 38. The Multi-detector Powder Neutron Diffractometer at Risø National Laboratory.
- 8.1.2. Als-Nielsen, J., Andersen N.H., Broholm C., Clausen K.N., Lebech B., Nielsen M., Poulsen H.F. (1989) Oxidation Kinetics in Oxygen Deficient $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ Studied by Neutron Powder Diffraction. To appear in Proc. of Applied Superconductivity Conference, IEEE Transactions and Magnetics, pp 8
- 8.1.3. Waliszewski J., Andersen N.H., Dobrzynski L., Ihringer, J., Lebech B., Prandl W., Wisniewski A. Neutron and Magnetization Studies of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ Irradiated by Fast Neutrons, to be submitted to *Physica C*.
- 8.4.1. Mogensen M. Passivation of Lithium in SOCl_2 , SO_2Cl_2 and SO_3 , in Primary and Secondary Ambient Temperature Lithium Batteries. J.P. Gabano, Z. Takehare and P. Bro. (1988) Proceedings Volume 88-6, The Electrochemical Society.
- 8.7.1. Schrøder Pedersen A., Vigeholm B., Kjøller J., Larsen B. (1987) *Int. J. Hydrogen Energy* 12, 765-771. The Effect of Cycling in Impure Hydrogen on the Hydrogen Capacity of Magnesium Powder.
- 8.7.2. Schrøder Pedersen A., Jensen K., Larsen B., Vigeholm B. (1987) *J. Less-Common Met.* 131, 31-40. The Formation of Hydrogen in Pure Magnesium Foils.

- 8.7.3. Schrøder Pedersen A., Larsen B. The Storage of Industrially Pure Hydrogen in Magnesium, submitted to Int. J. Hydrogen Energy.
- 8.7.4. Vigeholm B., Jensen K., Larsen B., Schrøder Pedersen A. (1987) J. Less-Common Met. 131, 133-141. Hydride Formation Mechanisms in Nearly Spherical Magnesium Powder Particles.
- 8.8.1. Risø-M-2764. The Danish Aquifer Thermal Storage Project - Demonstration Plant.
- 10.1.1. Samfundsøkonomi for vindmøller - status og perspektiver for vindmøller opstillet i Danmark. (1987) Risø-M-2697.
- 10.2.1. Larsen, H.V. Dansk skattemodel i MECCA. (1986) Systemanalyseafdelingen, Risø.
- 10.2.2. Jørnsten, K., Storøy, S., Villadsen B. A project selection and sequencing model for oil and gas fields. (1986) CMI (Bergen) nr. 862302-2.
- 10.2.3. Software requirements specification for user interface to the project selection and sequencing model for oil and gas fields, SMOG. (1986) Systemanalyseafdelingen, Risø.
- 10.2.4. Helgesen C., Larsen H.V., Skjerk Christensen, P. SMOG User Interface: Data Analysis. Part I: Input Data. (1987) CMI (Bergen) nr. 862302-4.
- 10.2.5. Helgesen C., Larsen H.V., Skjerk Christensen P. SMOG User Interface: Data Analysis, Part II: Output Data. (1987) CMI (Bergen) nr. 862302-5.
- 10.2.6. Bjørnstad S., Helgesen C., Larsen H.V., Skjerk Christensen P. SMOG User Interface: Design Description. (1987) CMI (Bergen) nr. 862302-7.
- 10.2.7. Bjørnstad S., Helgesen C., Larsen H.V., Skjerk Christensen P. SMOG User Interface: Menus and Forms. (1988) CMI (Bergen) nr. 862302.

Title and author(s)		Date	April 1989
The Contribution of Risø National Laboratory to the Research and Development Programs of the Danish Ministry of Energy. Status December 1988. Ed. by P. Skjerk Christensen, Stine Petersen		Department or group	System Analysis Dpt. and Marketing Dpt.
		Groups own registration number(s)	
		Project/contract no.	
Pages	83	Tables	4
Illustrations	22	References	33
		ISBN	87-550-1496-8
Abstract (Max. 2000 char.) Since 1978 Risø has been responsible for a number of projects in the research and development programs of the Danish Ministry of Energy. This report gives a review of current and finished projects. All current projects are described briefly, stating status and results obtained, while the results of finished projects are described in more detail. Risø's contribution to the organization and the administration of the programs is mentioned. Finally a list of references is given.			
Descriptors INIS COAL; COMBUSTION; ENERGY STORAGE; NATURAL GAS; PETROLEUM; RESEARCH PROGRAMS; THERMONUCLEAR REACTIONS; WIND POWER.			
Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory, (Risø Bibliotek, Forskningscenter Risø), P.O. Box 49, DK-4000 Roskilde, Denmark. Telephone 02 37 12 12, ext. 2262. Telex: 43116, Telefax: 02 36 06 09			